

6
2ej

SERVICIO DE VIDRIO PARA MESA Y PARA EXPORTACIÓN

tesis que para obtener el título de lic. en diseño industrial
presenta

elsa ma. bravo malagón

universidad nacional autónoma de méxico
facultad de arquitectura
centro de investigaciones de diseño industrial
méxico 1993



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE

6	INTRODUCCION
9	OBJETIVOS Y ALCANCES
	capítulos
10	1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. NECESIDADES
12	2 DIVERGENCIA. ANALISIS DEL CONTEXTO
12	1 REQUERIMIENTOS DEL PRODUCTOR
	1.1 requerimientos administrativos
	1.2 requerimientos de mercado
	1.3 requerimientos de ventas
	1.4 requerimientos de compras
	1.5 requerimientos de producción
27	2 REQUERIMIENTOS DEL USUARIO
	2.1 requerimientos racionales
	<ergonomía y antropometría>
	2.1.2 requerimientos racionales
	detallados
	2.2 requerimientos emotivos
	<estética y semiótica>
30	3 REQUERIMIENTOS ECONOMICO SOCIALES
31	3 REDEFINICION DE OBJETIVOS LISTADO DE REQUERIMIENTOS
33	4 TRANSFORMACION ALTERNATIVAS
	evaluación de alternativas
	presolución

51	5 CONVERGENCIA SOLUCIÓN
	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO
	función, uso, utilidad y ergonomía estética semiótica costos
63	6 PLANOS MATERIALES Y PROCESOS
90	CONCLUSIONES
91	BIBLIOGRAFÍA

INTRODUCCIÓN

Son los recipientes para alimentos testigos de costumbres ya que juegan un papel primordial en la vida cotidiana de la gente siendo utensilios indispensables para realizar una de sus actividades básicas: el comer. Por esta razón los recipientes han evolucionado casi al mismo ritmo del desarrollo social y humano . Ellos hablan del desarrollo de las culturas antiguas de acuerdo al enfoque que le dan la antropología y arqueología y en la actualidad muestran la condición social de los diferentes grupos sociales , pero más aún el grado de desarrollo artístico de los mismos .

En las distintas facetas del arte donde es posible hablar de la vida cotidiana de los pueblos siempre están presentes los recipientes para alimentos .

Estos han tenido , tienen y seguramente tendrán una razón de ser y una historia ligada inevitablemente a la del hombre. Existen desde el momento en que éste se vuelve sedentario . Un paso adelante se da cuando deja de producir alimentos para el autoconsumo y surgen el comercio, las ciudades y aparecen los demiurgos o artesanos. El siguiente paso es la revolución industrial en Inglaterra cuando se substituye la mano de obra de la gente por las máquinas y así han seguido evolucionando . En todo este tiempo los recipientes y en su conjunto las vajillas o servicios de mesa, se fueron multiplicando, así como los materiales y diseño . Debemos enfatizar que el comercio permitió el desarrollo de estos productos de acuerdo a la interacción cultural que se da de esta manera.

En la actualidad existen recipientes para alimentos y servicios con distintos grados de sofisticación y de muy variados tipos, pero salvo excepciones en el diseño de los mismos muchas veces no se considera la función y el rescate de las tradiciones de un pueblo. Es aquí en donde debe participar activamente el diseñador industrial proyectando el objeto susceptible de fabricación en serie que satisfaga las necesidades físicas y psíquicas del usuario .

Tomando en cuenta lo anterior se propuso el diseño de un servicio de vidrio pensado para mesa y para exportación entre otras razones porque la fabricación de objetos de vidrio en México tiende a desaparecer por el poco apoyo e interés que se le ha dado a este tipo de productos y por esto proyectando un objeto de este tipo se impulsa a las empresas dedicadas a su fabricación.

Se pretende que este producto se exporte a EUA porque según las Embajadas, Consulados y Consejerías comerciales, así como organismos internacionales de fomento al comercio exterior y solicitudes específicas de importadores individuales, existe un importante número de gente en este país interesada en adquirir artesanías y objetos fabricados manualmente. <ver bib. n.43>. Como el diseño del servicio se proyectó desde el principio para los estadounidenses se incluyen en el mismo las características de lo mexicano.

Así se propone que el producto sea fabricado por la mediana industria.< ver requerimientos socio económicos. Ejemplos de esta última son las fábricas de vidrio prensado y soplado de Puebla Favi, y de México DF, Feder's> .

El diseño que se presenta es el resultado de un camino en el que se exploraron diversas opciones, pero por razones de espacio sólo se incluyen algunos bocetos de las mismas. Cabe la posibilidad de que al mismo tiempo que se fabricara el diseño que se presenta, también se fabricaran algunos otros de los modelos de los que se habla.

Esta tesis consta de dos volúmenes que son la tesis propiamente y un anexo del vidrio que incluye la historia, propiedades, tipos y procesamiento del mismo. La tesis se compone de seis capítulos, siendo el capítulo **1** el que habla de las necesidades que justifican el diseño de un servicio de mesa. La necesidad e importancia de que se fabrique este producto y con este material.

En el capítulo **2** se analizan las necesidades tanto del productor como del usuario. es decir, lo que requiere el productor para definir lo que va a producir y cómo, y lo que requiere el usuario para quedar satisfecho con el objeto. Aquí se recopila información general sobre el mercado potencial norteamericano. También se analizan los requerimientos económico-sociales en donde se expone la necesidad de impulsar a la pequeña y mediana industrias para que sean competitivas.

El capítulo **3** es un listado compacto de los requerimientos del capítulo anterior. Aquí se valoran los mismos y se les da una calificación menor o mayor, a fin de enfocarse más a los requerimientos que obtengan mayor calificación, los que serán más importantes para el diseño del servicio de mesa. Este listado se usa también para calificar a las diferentes propuestas para el diseño.

En el capítulo **4** se explica, con ayuda de bocetos, el camino que se siguió para llegar al diseño final o solución.

Capítulo 5. Se hace una amplia descripción de lo que es el servicio: para qué sirve, que ventajas tiene. Se describe la estética de los objetos y la sensación que da el conjunto de piezas que lo integran. También se desglosan los costos de lo que cuesta la producción de cada pieza y el conjunto de las mismas.

Finalmente en el 6to y último capítulo se explica el proceso de fabricación y los materiales a usar y se incluyen los planos de las piezas que conforman el servicio y unos bocetos de los moldes que se utilizarían en su fabricación.

OBJETIVOS Y ALCANCES

objetivos

Dar una respuesta completa, a través del diseño de un objeto, a la necesidad física y emotiva del hombre por medio de un diseño que se produzca en serie y en base a la tecnología de la industria actual, dentro del marco de los recursos técnicos, humanos y sociales de México. Pienso lograrlo a través de un servicio de vidrio para mesa.

alcances

Son a nivel proyecto preeliminar. Contempla el sondeo de mercado basado en un estudio de campo. También contempla la incorporación del diseño a las instalaciones y tecnología de la industria nacional. La evaluación técnica comprenderá la descripción de la materia prima utilizada, del proceso de producción y de los elementos técnicos y de personal necesarios para el desarrollo del producto. Se hará la evaluación técnica y financiera de los mismos. Los trámites para exportación y la comercialización deberán realizarse cuando se pretenda poner en marcha el proyecto.

La metodología para presentar el proyecto preeliminar será la de dividir el proceso de diseño en tres etapas <divergencia, transformación y convergencia> en el cual se incluirán entre otras cosas la ejecución de planos completos de cada una de las piezas que integren al servicio de mesa y la fabricación de modelos a escala natural.

(PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA: NECESIDADES)

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. NECESIDADES

Es difícil afirmar cual fue el orden en que se siguieron las necesidades y justificaciones del tema, pero algunos de los principales puntos son el gusto personal de la autora por el vidrio en sí, además del interés por la ecología y la voluntad de incidir sobre ella; menos familiarizada al principio pero convencida después que es de capital importancia el aprovechar el momento coyuntural que se vive y que consiste en abrir las fronteras y lograr que los productos mexicanos compitan con los del exterior. Basta decir que la industria del vidrio es de las más poderosas en México encabezadas por la Cía Vitro, no obstante la poca incidencia que tienen los procesos manuales de producción de objetos de vidrio, es aquí donde surge la necesidad de impulsarlos.

La incidencia del diseño sobre el medio ambiente es muy importante en la actualidad, por lo que se pensó en un diseño en vidrio, que es un material ecológico, porque aunque en general todas las industrias contaminan, muchas siguen haciéndolo después de que sale el producto al mercado ya que utilizan para fabricar al mismo, materiales que o no son biodegradables o no se pueden reciclar, en cambio el vidrio no contamina y es reciclable.

Además de reciclable el vidrio es resistente. Es un material decorativo en sí. Puede obtener cualquier color y textura y se le pueden dar muchos tratamientos en la superficie manteniendo su cualidad vítrea, además de ser limpio, durable y compacto.

De las industrias en nuestro país, la vidriera es una de las que acusan mayor grado de industrialización, producción e integración. Ha experimentado un buen desarrollo que se refleja en la estabilidad del volumen y valor de la producción. En México se dispone de la suficiente materia prima <satisface el consumo nacional en un porcentaje superior al 90 %>, que por su calidad y precio permite hacer costeable la elaboración de vidrio, por lo que es viable un diseño enfocado a la misma, además la urgente apertura al libre comercio con el exterior obliga a diversificar la fabricación de productos de vidrio.

Un reflejo de ello es el plan conjunto de la empresa mexicana Vitro y la estadounidense Corning para operar en forma conjunta una empresa de alcance mundial, lo cual ofrece una excelente oportunidad para expandir sus mercados geográficos, desarrollar productos innovadores y alcanzar niveles aún más altos de calidad y servicio.

Por otro lado, la fabricación de objetos de vidrio para mesa puede desaparecer por la gran competencia a la que se están sometiendo actualmente este tipo de productos, aún cuando en este país se cuenta con todos los medios <instalaciones, materiales, mano de obra y diseño>, y esto provocado por la falta de apoyo a este tipo de rubro. La forma en que ellas pueden levantarse es haciendo que mejoren sus diseños para que puedan vender mejor y exportar.

Sin embargo, por lo menos en los últimos tres años han habido exportaciones importantes de objetos para el servicio de mesa y cocina de vidrio y cerámica-vidrio a centro y sudamérica, algunos países de europa y medio oriente pero sobre todo a norteamérica, en especial a EU, siendo de 18 millones de dólares la exportación de estos productos durante 1991, 1992 y 1993. ■

Según la Balanza Comercial de México enero-junio 1993, las exportaciones manufactureras alcanzaron un valor de 1823 millones de dólares, cantidad superior en 24 % a 1992. En este mes algunas divisiones presentaron crecimiento en sus exportaciones, destacándose el vidrio o cristal y sus manufacturas.

Además en una encuesta informal a gente que produce vidrio en distintos niveles, se detectó la necesidad de diseñar objetos para el servicio de mesa porque son aceptados cada vez por más gente. Objetos cambiantes, conjuntos de piezas por separado, pero sin perder unidad. Que se comercialicen individualmente, de tal forma que puedan mezclarse y hacer distintas combinaciones. Además es necesario que se diseñen piezas con la misma función pero de distintas capacidades, y lo más necesario, que sean los diseñadores los autores de estos objetos para que sean realmente nuevos y de esta forma enriquecer la cultura de lo cotidiano.

PLANTEAMIENTO

Dicho lo anterior , se propone diseñar un servicio para mesa que rescate lo mexicano tanto con el material como con el diseño, que sea comercial y decorativo, pero al mismo tiempo útil y funcional. Se tomó esta decisión porque aparte de lo que ya se había dicho, aunque no substituye a los servicios de barro y cerámica, puede considerarse como un primer paso en la toma de conciencia de las ventajas del vidrio sobre estos materiales.

■
De las exportaciones de objetos de vidrio a EU, la exportación de productos para el servicio de mesa representa el 26% y de todas las exportaciones de productos para el servicio de mesa a EU se exporta el 89%.

(DIVERGENCIA: ANÁLISIS DEL CONTEXTO)

ANÁLISIS DEL CONTEXTO

Para poder llegar a la fase creativa o de transformación se analizan primero los requerimientos tanto del productor como del usuario, que se relacionan entre sí y con los requerimientos socio-económicos.

Los requerimientos del productor que se consideran aquí son de administración, de mercadotecnia, de compras, material y producción.

Los requerimientos del usuario son los ergonómicos, antropométricos y emotivos.

En el proceso de producción del servicio de vidrio para mesa hay varios niveles , desde la concepción del producto hasta su venta en las tiendas . Un primer nivel del cual son responsables las personas dedicadas a la mercadotecnia, es detectar la necesidad de un producto por la sociedad , de acuerdo con la capacidad de la empresa , los requerimientos del usuario, la oferta y la demanda existentes en el mercado <competencia>.

En segundo término , se organiza la producción de los objetos detectados como necesarios y una vez terminada esta producción , se organiza el embalaje , distribución y promoción, realizando la administración .

1

REQUERIMIENTOS DEL PRODUCTOR

1.1 .requerimientos administrativos.

En las grandes empresas el trabajo administrativo puede adoptar algunos procesos básicos como son la planeación, organización, dirección y control, los cuales son muy especializados. En las **medianas y pequeñas empresas** también se llevan a cabo estos procesos informalmente por el maestro y el dueño. El dueño lleva a cabo la planeación de la cantidad de sopladores y/o prensadores que se necesitan en cada época del año, las máquinas y herramientas con las que cuenta o necesita, la reparación de las mismas y el tiempo que se requiere para producir las piezas. El dueño sondea la competencia, y junto con otras razones decide que nuevas piezas se van a producir. La organización la llevan a cabo tanto el maestro como el dueño, que deciden qué piezas y en qué momento se van a producir. El maestro cuida que siempre exista vidrio para fundir al día siguiente y los procesos de enfriamiento de las piezas.

En la dirección interviene tanto el dueño como el diseñador. El primero cuida que se mantenga la tradición o estilo de las piezas que se estén fabricando mientras que el diseñador, aparte de proyectar en base a esto, cuida que se realice la pieza exactamente como se había planeado. El control lo realiza el maestro, el cual mantiene al tanto al dueño y/o diseñador de la realización de los planes que se hayan fijado.

1.1.1 .requerimientos de costos.

Los costos del producto o servicio de mesa los determina la administración de la fábrica en base al costo de fabricación y la ganancia posible de acuerdo con los precios de la competencia. Así los costos de un servicio para mesa para 4 personas debe estar según yo, entre N\$ 200.00 y N\$ 375.00, ya que dentro de este rango de precios están los servicios de vidrio de semilujo para mesa

1.2 .requerimientos de mercadotecnia.

Según algunos autores, los puntos más importantes para poder decidir el lanzamiento de un producto son el conocer al grupo objetivo y la oferta de los productos dentro de la cual se pretenda incluir el diseño a proyectar.

1.2.1 .grupo objetivo.

ESTADOS UNIDOS

El servicio de mesa esta dirigido a la gente de EU que tiene ingresos anuales mayores de 25000 dólares porque se considera que estas personas pueden destinar un porcentaje de sus ingresos a la adquisición de artículos que no sean de primera necesidad. Estas personas viven más holgadamente que las personas promedio. Prácticamente todos tienen casa propia y elegantemente amueblada. Tienen dinero suficiente para comprar coches nuevos, para tener ayuda doméstica y para comprar ropa de moda. Destinan muchos recursos a la diversión y sobre todo pueden gastar sin preocuparse mucho de firmar tarjetas o cheques. <ver bib. n. 48,49,59>. La forma de vida y costumbres permiten y en algunos casos obligan a estas personas a la utilización de este tipo de productos pues les son muy útiles, ya que como prácticamente toda la gente en EU, obviamente también cuentan con hornos eléctricos y de microondas <y lavavajillas>, y así se utilizan mucho para recalentar, aunque la función principal de las piezas sea la de recipiente de la comida calentada aparte. Es adecuado también este producto para este tipo de personas porque para ellos es importante el núcleo familiar, que se coma juntos y por lo tanto se requiere de un servicio completo. El producto no debe ser extravagante, aunque sí nuevo.

Se pensó en Estados Unidos porque, entre otras razones, en este país el acto de consumo es muy importante. Tienen una sed de novedad y necesidad de cambio muy fuerte. Un gran porcentaje de personas con estas características se encuentran en los Angeles o en Nueva York, que son áreas metropolitanas de mercado muy importantes, por lo que ofrecen muchas oportunidades de venta. Es ahí donde se encuentran los consumidores idóneos del producto. En ciudades como estas efectúa sus compras la gente que busca lo snob o de importación, sin mencionar la gran afluencia de turistas que igualmente hacen sus compras en estos sitios.

Los Angeles está unida a México por lazos históricos, culturales, económicos y étnicos y en Nueva York hay una gran heterogeneidad de culturas, por lo que se considera que dentro de este gran conjunto de gente hay un tipo de personas que gustan de lo especial, además de que actualmente el arte mexicano es muy cotizado y se pagan muy buenos precios por él. En ambas ciudades mucha gente tiene una gran capacidad de compra, en donde la mayoría son adultos jóvenes que tienen buenos ingresos.

Estados Unidos tiene en conjunto el 43 % del territorio del continente americano. Por su extensión y población es el cuarto estado mundial, pero por su potencia económica es el primero.

DaTos de ImPorTanciA en RelAción al GRUpO OBjetivO bib. n 9-13

◆ NIVELES DE INGRESO POR AÑO EN LA POBLACION <1991 PEA

<i>ingresos</i>	<i>%</i>
menos de \$ 5 000 usd	3. 6
\$ 5 000 - \$ 9 999	5. 8
\$ 9 999 - \$14 999	7. 5
\$14 999 - \$24 999	16.4
\$24 999 - \$34 999	16.2
\$34 999 - \$49 999	20.1
\$49 999 - \$74 999	18.1
más de \$75 000	12.3

◆ POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA <1991

<i>total</i>	<i>hombres</i>	<i>mujeres</i>
116 877 000	63 593 000	53 284 000

◆ COMERCIO EXTERIOR DE LOS EUA

El comercio exterior juega un papel muy importante en los EUA. Hablamos de una nación industrializada, con una alta densidad de población y con centros de manufactura muy eficientes. Los EUA tienen que hacer uso de sus ventajas económicas para realizar intercambios con el exterior. Actualmente los EUA se encuentran entre esos países que continuamente insisten en seguir una política liberal de intercambio comercial. Tomando ésto en consideración y en vista de sus relaciones con otras naciones que también realizan intercambios comerciales, los EUA continuamente realizan esfuerzos por reducir aranceles y otras barreras al comercio exterior.

Comparando la Balanza Comercial, los EUA se han mantenido en primer lugar seguidos por Alemania en cuanto a comercio exterior se refiere desde 1962. Entre 1950 y 1986 las importaciones y las exportaciones aumentaron 36 veces y como resultado de esto los EUA realizaron el 10.3 % del total de las exportaciones mundiales <Japón el 7 %> durante 1991.

◆ PRINCIPALES FERIAS Y EXPOSICIONES EN LAS QUE EUA PARTICIPA

EUA realiza ferias especiales para cada sector productivo. Un gran volúmen de operaciones comerciales son realizadas a partir de estos eventos, así que es probable que no sólo se alcance el mercado estadounidense, también el de los países vecinos. Para obtener información acerca de que feria es la adecuada para presentar determinado producto, es recomendable solicitar esta información a las Consejerías Comerciales de los EUA en cada país, ahí se le proporcionará una lista de los eventos más adecuados para su producto.

sigue... **DatoS De ImPortanciA En RelAción Al GruPO OBjetivO**

La ayuda financiera a países en vías de desarrollo, está disponible antes, durante y después de su participación en una feria estadounidense. Dentro de un marco de cooperación técnica, el gobierno estadounidense ofrece ayuda financiera para países en vías de desarrollo.

◆ FERIAS ANUALES

Foro de Exhibición Permanente en el mercado de regalos de Atlanta, Atlanta, EUA.

Convención y Exposición de las Cámaras Hispánicas de EUA, Nueva York, EUA, septiembre

Misiones de Compradores de Dallas, Julio.

Misiones de Exportadores Mexicanos a Dallas, Chicago y Toronto, Junio.

1.2.2 . oferta de productos.

OFERTA DE PRODUCTOS DE VIDRIO PARA MESA EN MEXICO

La oferta más importante de este tipo de productos corresponde a los productos fabricados con la técnica del prensado y soplado, porque son los procesos más ampliamente usados para la fabricación en serie.

Dentro de la línea de productos fabricados por medio de la técnica del prensado encontramos diferentes calidades, las cuales se pueden dividir en cuatro grupos correspondientes al prensado automático y en dos en el prensado manual.

En cuanto al soplado, este generalmente es manual aunque de dos calidades distintas: rústica e industrial

PrensAdO AutoMáTicO

1. Los productos pensados para **uso diario y rudo**. <platos, tazas, vasos, fuentes, saleros, azucareras, jarras ...>.

En general son fabricados en vidrio calizo, calizo templado o borosilicato. El volúmen de producción mensual de jugós de servicios para mesa esta entre 600 y 1500. En general el costo de estos productos <1993> es bajo. <un plato trínche de Vitro cuesta mínimo N\$ 2.00>. Por lo general se empacan en cajas de cartón

con protección de mismo y algunas cajas muestran una buena fotografía del producto. Estos artículos generalmente funcionan como un servicio de mesa y en algunas ocasiones les -hacen juego- una ensaladera, dulcera, salero, etc. Pueden usarse para servir, calentar y guardar comida. Su funcionalidad es regular ya que sus capacidades son limitadas.

No requieren de mantenimiento sofisticado más que el de limpieza con agua y jabón; sin embargo los productos que son pintados o con calcomanías requieren de trato más delicado. En general están bien pensados para asirse con facilidad y seguridad; algunos tienen textura que evita que se resbalen, pero tiene el inconveniente, cuando es muy cerrada, de acumular comida.

Por otra parte, los productos que son templados son muy seguros porque son inastillables y tienen una duración mucho mayor <son más resistentes al trato duro>. Al utilizarse para calentar dentro de un horno, aumentan mucho su temperatura.

Los acabados que tiene son muy diversos: existen lisos y con textura; transparentes y opacos; pintados y sin; incoloros o de colores.

Algunos tienen formas sencillas, sólo para cumplir su función; en general son de fácil almacenamiento ya que embonan unas piezas en otras.

De este tipo de productos existen en el mercado tanto nacionales <marca Crimesa en su mayoría> como importados.

Se venden en tiendas de autoservicio.

2..Los productos fabricados especialmente para hornear o para cocinar a fuego directo, resistentes a un choque térmico elevado <fuentes, sartenes, ollas, tazones..>

Se fabrican en vidrio borosilicato y son de costo elevado. Pueden ser templados.

Al igual que el anterior grupo se empacan protegidas pieza por pieza con cartón corrugado dentro de cajas de cartón con fotografías del producto. Sirven tanto para cocinar como para preparar y para llevar a la mesa y refrigerar. Son productos con muy buen funcionamiento y requieren de mantenimiento de agua y jabón solamente. Deben ser manejados cuidadosamente pues se astillan al romperse. Su duración depende del trato que se les dé, aunque suelen ser muy resistentes por el espesor de las paredes del recipiente, que es grueso. Tienen acabados lisos y hay recipientes en forma de pescado, concha... Los encontramos tanto incoloros y con color y en general son transparentes. Tienen formas derivadas de su función principalmente, es decir que no tienen ningún elemento adicional decorativo o de otro tipo.

El almacenamiento de dificulta en algunos casos < no son apilables y asas y salientes estorban>.

También existen productos nacionales y de importación y se venden en tiendas de autoservicio y de departamentos.

3. Los productos de semilujo, es decir que existe un grupo intermedio entre los primeros y los productos de lujo <4>, que puede tomarse como un producto para usarse diariamente o para ocasiones especiales, <platos, tazas, fuentes, saleros, jarras>.

Son fabricados con vidrio calizo templado.

El costo de estos productos es bajo <un plato trinche de la marca Arcoroc cuesta mínimo N\$ 5.00>, aunque es un poco más elevado que el de los productos del grupo de uso diario y rudo. Se empacan protegidos con cartón corrugado dentro de cajas de cartón con fotografías del producto.

Funcionan como un servicio de mesa completo y se pueden usar tanto para comer, como para servir, para recalentar o guardar.

Sus capacidades son adecuadas.

Requieren un mantenimiento de limpieza con agua y jabón.

Se toman con facilidad. Sus texturas pueden ser granuladas o lisas y a la vez facetadas.

Son templados y por lo tanto resistentes a los golpes y son inastillables. Por el grosor de sus paredes, tienen un calentamiento rápido. Sus acabados son lisos, incoloros y transparentes u opacos.

Sus formas son contemporáneas.

El almacenamiento se dificulta con algunas piezas.

En general son de importación y se venden tanto en tiendas de autoservicios como departamentales.

4. Los productos de lujo, para servir y que la gente usa generalmente en fiestas. Fuentes <ensaladeras, portapasteles, botaneros > y vajillas < platos y tazas>.

Fabricados con vidrio calizo y con plomo. Son prensados en general pero también algunos productos son <crystal cortado>. Su costo es alto.

Se empacan en cajas de cartón con su respectiva protección.

Funcionan como auxiliares de cualquier tipo de vajilla <vidrio, cerámica, porcelana, plata, etc.> o como vajilla en sí. Son útiles sólo para servir comida y su funcionamiento es bueno.

Requieren de mantenimiento delicado. Se lavan con shampoos especiales y no se pueden tratar con tosquedad. Como no son templados, son peligrosos porque se astillan.

Son en su mayoría incoloros con algunos detalles de color y esmeril. Utilizan muchas texturas, sobre todo floreadas y frutales.

Sus formas y decoración es conservadora <flores, frutas y animales realistas> en general.

Su almacenamiento es difícil, por sus diferentes tamaños, fragilidad y delicadeza, así como sus texturas.

En general son de importación y se venden en tiendas departamentales.

Hago la diferenciación entre los productos de uso diario y los de semilujo porque aunque están fabricados ambos con los mismos materiales, la misma técnica y aunque tengan las mismas características y cualidades físicas y químicas, el diseño, la configuración, es lo que los diferencia enormemente, haciendo que los segundos se vean más actuales y lujosos que los primeros.

PrEnsAdO Manual

1. Los productos de **uso popular** <ceniceros, tarros, fuentes, tazas, platos>

Adquieren su forma por medio de un molde y una prensa manual.

Son fabricados con vidrio de desecho de botellas, vidrio calizo.

El costo es bajo. Un plato postre, de la fábrica FAVI, cuesta N\$ 1.00 <1993>. Se empaican en cajas de cartón de tamaño estándar y se protegen con periódicos. Estas piezas no forman familias sino que son productos aislados.

Sus capacidades son adecuadas a los líquidos que contendrían y no requieren de mantenimiento especial.

Se toman con facilidad. En general tienen texturas o dibujos en la superficie.

No son templados y son relativamente frágiles ya que tienen paredes gruesas.

El acabado es brillante. El que queda al pensarse el vidrio contra el molde cromado.

Los diseños son muy tradicionales, diseños de hace 500 años o más. Usan vidrio transparente verde esmeralda e incoloro.

Es difícil el almacenamiento, ya que las piezas no están diseñadas para apilarse.

Son piezas hechas en México para consumirse ya sea aquí o en el extranjero; y se venden en pequeñas tiendas de regalos, en tiendas de artesanías y en cristalerías.

2. Los productos de **semilujo** <platos, tazas, mangos de cubiertos, ceniceros, candelabros, fuentes..>

Estos productos no se prensan dentro de un molde, sino que se cuelan y adquieren su forma con un marcador de acero y por medio del slumping o con un molde sin punzón.

Son fabricados con vidrio de desecho de botellas y con materia prima de vidrio calizo.

El costo de estos productos es alto en comparación con su similar de prensado automático. < Un plato trinche Feder's cuesta N\$ 12.00>. Se empaican en cajas de cartón con fotografías del producto.

Funcionan como un servicio de mesa completo y se pueden usar tanto para comer como para servir o guardar.

Sus capacidades son limitadas y no requieren de mantenimiento especial.

Se toman con un poco de dificultad, sus texturas son siempre con dibujos en realzado o con un tipo de textura como esmerilado con chorro de arena.

Son frágiles, no son templados; aunque el grosor de las paredes de dichos recipientes los hace relativamente resistentes. Sus acabados son ya sea transparentes o translúcidos cuando se les proporciona un esmerilado con ácidos. Sus formas son de líneas contemporáneas y tradicionales.

Los colores que usan son verde esmeralda, azul ultramar, azul verde, café e incoloros.

El almacenamiento de dichos objetos se dificulta con algunas piezas, por sus diferentes formas y tamaños. Estas piezas son hechas en México y generalmente se exportan. En México se venden en bazares de artesanías o en la misma fábrica.

SoPladO

1. Los productos **rústicos** <vasos, copas, platos, fuentes, ceniceros, lámparas, botellas, frascos, candelabros.>

Son productos de uso diario, aunque en algunos casos se usan en ocasiones especiales, por su fragilidad.

Adquieren su forma por medio del soplado libre y con moldes.

Son fabricados con vidrio de desecho de botellas, vidrio calizo.

Su costo no es elevado.

Se empacan en cajas de cartón comunes a todas las piezas, envueltas con periódico y aserrín para su protección.

Estas piezas pocas veces forman familias. En general son productos aislados.

Sus capacidades son adecuadas para los productos que pretenden contener.

Requieren mantenimiento normal de agua y jabón.

Se toman con relativa facilidad.

En general son de acabados lisos, pueden llevar un borde de color o tener un decorado de pepita o al ácido.

Algunas piezas son sopladas junto con láminas perforadas o rejillas. Hay talleres en los que se combina el vidrio con tapas o bases de corcho, madera, latón o alpaca.

No son artículos templados. Son muy frágiles.

El acabado del vidrio soplado es muy brillante.

Los diseños son tanto tradicionales como actuales.

El almacenamiento de algunas piezas es difícil.

Son piezas fabricadas en México que, aunque tienen mercado aquí en su mayoría son para exportación.

2. Los productos de **calidad industrial** <jarras, fuentes, en general piezas grandes o de diseño complicado>.

Estos productos tienen en sí, las mismas características de los productos de semilujo prensados, aunque éstos no son prensados sino soplados libremente o en molde, la mayoría con vidrio de plomo, aunque también se usa el calizo.

Algunas piezas tienen tapas o bases de polietileno o algún otro material.

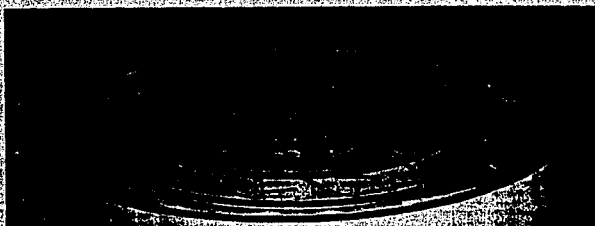
ejemplos de objetos de vidrio
de producción o acabado manual



HOLANDA

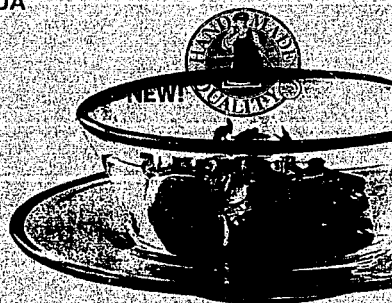


ALEMANIA

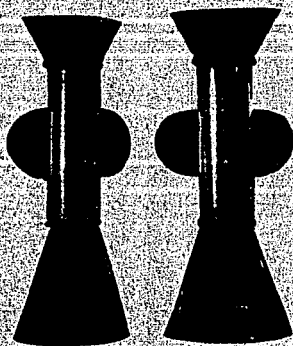
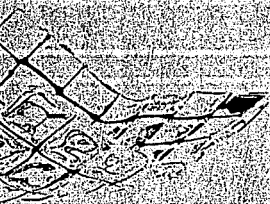


EUA

20



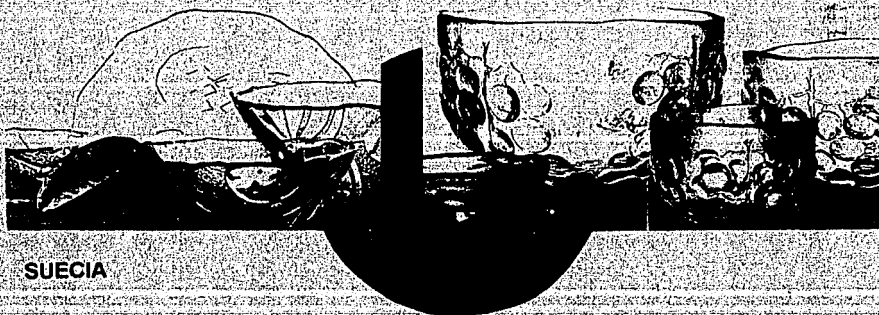
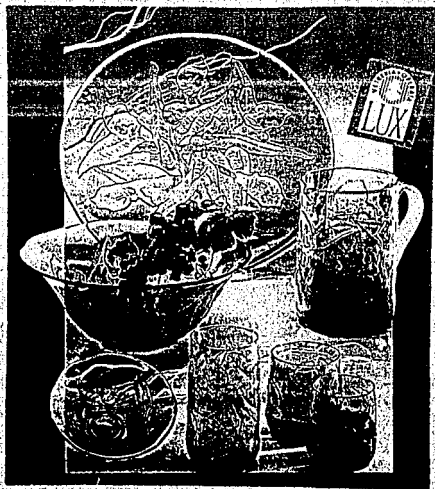
SUECIA



ITALIA

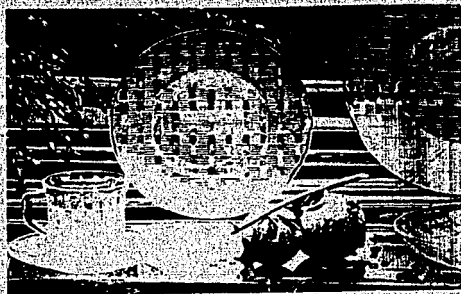
ejemplos de vidrio prensado
de diferentes paises

ITALIA



SUECIA

MEXICO



OFERTA DE PRODUCTOS DE VIDRO PARA MESA EN ESTADOS UNIDOS

Los productos que ofrecen al cliente los diferentes establecimientos estadounidenses son en general de importación de muy diversas partes del mundo. En general son artículos soplados o prensado aunque mayormente prensados de diferentes calidades, que van desde los artículos para uso diario <según la clasificación anterior> importados de China, México y Canadá por ejemplo, hasta artículos muy finos, de lujo o semilujo, importados de los países nórdicos y de Italia. Muchas de estas piezas importadas por EU son hechos o terminados a mano y algunos tienen acabados rústicos.

En seguida se concluyen la cualidades y defectos más importantes de toda la oferta.

Las cualidades de los productos clasificados como de **uso diario** son que los que forman juego o servicio casi siempre son templados y su defecto es que en general no tienen un buen diseño.

El defecto de los productos que se usan para **hornear** es que por el tipo de vidrio que utilizan no son factibles de fabricarse en baja producción.

Los artículos de **lujo** son resistentes pero caros y astillables.

Los artículos de **semilujo** tienen la cualidad de tener un buen diseño y de ser templados. El defecto que se ve es que no hay mucha variedad en esta clasificación.

Los artículos **soplados** son frágiles y astillables, aunque factibles de fabricarse en baja producción.

De esto se desprende que de toda la oferta de objetos de vidrio que se menciona, al **grupo de productos** al que conviene enfocarse es al de **semilujo**, ya que he percibido que hay poca oferta en el mercado.

1.3 .requerimientos de ventas.

Para que el productor pueda vender su mercancía primero tiene que cumplir con los requerimientos de compra, hecho lo cual contacta con las oficinas de importación y exportación <consejerías comerciales, cámaras de comercio, embajadas, particulares>, las cuales se encargarán de buscar el mercado a los productos o de buscar quiénes son los distribuidores o compradores directos interesados en este tipo de objetos en ese momento.

También puede el fabricante ofrecer el producto directamente en las distintas ferias comerciales que se realizan en EU, con lo cual contacta con los detallistas quienes se encargarán de vender lo que compran.

Los distribuidores o detallistas se encargan de hacer llegar el producto a los mercados objetivo. Independientemente de que se compre en una tienda pequeña o en una tienda departamental, la venta final es una venta al menudeo,

por lo que se presentan las estadísticas de ventas al menudeo en las regiones que encabezan estas ventas.

áreas metropolitanas	ventas totales <miles de \$>	ventas promedio por tienda \$
Nueva York	132 199	20 028
Los Angeles	111 467	22 280

Algunas de las compañías distribuidoras interesadas en comprar y distribuir artículos para mesa porque la población objetivo pide este tipo de productos, son:

◆
AUSSIES AND US
 PO box 6800
 Portlan Oregon
 97208-6800 EUA
 Tel 503 248-1656
 Fax 503 294-0432
 con Anne Duncan Bone

COLLINS CO. LTD
 2700 Lone Star drive
 Dallas Tx
 75212 EUA
 Tel 214 634-0487
 con Jimmy Chion

BUNSELL BROS. WHSE. CORP
 2801 NW Nela
 Portland Oregon
 97201-1794 EUA
 Tel 503 227-3519
 con Richard Bushnell

J.W. FRANKLIN & SONS, INC
 890 Franklin Rd S.E.
 Marietta, GA.
 30067 EUA
 Tel 404 952-7767
 con Lamar H. Franklin Jr.

CARICO INTERNATIONAL, INC
COLLECTIBLE
 2851 Cypress Creek Rd.
 Ft. Lauderdale, Florida
 33309 EUA
 Tel 305 305-3900
 Fax 305 979-7410
 con Ricardo Cappadone

LIGHTYEAR/SPEER
 5315 s. cobb drive
 Atlanta Georgia
 30080 EUA
 Tel 404 794-4000
 Fax 404 794-4659
 con Bobbie Sasser

Algunas de las tiendas interesadas en comprar artículos de vidrio mexicanos fabricados manualmente son:◆

ACADEMY ART SHOP
 989 Lexington Avenue
 NY, NY.

BONNIERS INC
 605 Madison Avenue
 NY, NY.

AMCHELLINIES INC.
 14 East 33rd Street

COLLINS CV. ASSOC.
 175 Fifth Avenue

DANVILLE DISTRIBUTORS INC.
141 Fifth Avenue
NY, NY.

◆ bib. n. 9, 10, 43.
FENTON NORA INC.
225 Fifth Avenue
NY, NY.

MEXICAN NOVELTY IMPORTS
2027 Oak Street
Los Angeles Cal.
HOUSE OF COX
P.O. Box 22776
Los Angeles Cal.

KARIM MR. MICHAEL
7665 Hollywood Blvd.
Los Angeles Cal.

STEEL CITY IMPORTS
PO Box 17012
Chicago I ll.

DONALD BLACKLEDGE CO.
5370 95th Tak Lawn
Chicago I ll.

ARNE CO
1133 Broadway
NY, NY.

D/R INTERNATIONAL
53 East 57th street
NY, NY.

WB. SCOTT COHEN
1933 South Broadway
Los Angeles Cal
INTERNATIONAL SALES CO.
463 So. Crescent
Heights Blvd.
Los Angeles Cal.

AKRON
5120 Melrose Ave.
Los Angeles Cal.

DAVID SUAREZ
435 W. Root Street
Chicago I ll.

CHICAGO INT. ASSOCIATES
4140 West. Weft Sullerton
Chicago I ll.

1.4 .requerimientos de compra.

Para que al productor le compren éste tiene que cumplir con los requerimientos de los clientes en el mercado de lujo, siendo el requerimiento más importante la **calidad** del producto, seguida por el diseño y el precio.

La calidad se refiere a que el producto cumpla con la función principalmente de poder servir alimentos en él sin que sufra cuarteadura o rompimiento alguno <sea cual sea la temperatura a la que esté la comida>. La calidad del material del material también se considera mucho ya que les interesa que el producto se fabrique con elementos que no destruyan la ecología. En cuanto al diseño, se requiere que el producto se diferencie de los que se producen en EU. Les interesa que el producto se vea muy mexicano, si es posible y está bien logrado

incluir en forma abstracta elementos de las diferentes culturas prehispánicas, e igualmente es importante que los artículos se fabriquen o se terminen manualmente. La calidad de producción debe ser siempre la misma, independientemente de que el producto se fabrique a mano o automáticamente.

1.5 .requerimientos de producción.

MATERIAL Y PRODUCCION

.material.

El material adecuado para este producto es el vidrio sílice-sosa- cal templado, porque:

- es adecuado para los medios automáticos de producción y para los artículos de uso doméstico diario.
- es fácil de fundir y formar.
- es barato de producir.
- es el grupo de vidrios más importante por cantidad de toneladas que se funden y por la gran variedad de aplicaciones.
- su composición lo hace adecuado para el templado, lo que lo vuelve un material inastillable y por lo tanto, seguro.
- tiene la habilidad de soportar un uso constante que incluye el impacto y shock térmico.
- es altamente resistente al despostillado, craquelado o rotura.
- es inerte, no afecta el contenido en ninguna forma.
- no pinta la comida o bebida.
- retiene el color original que tenga.
- resiste a los ácidos, sosa y agua.
- absorbe un mínimo de humedad.
- no requiere mantenimiento complicado.
- el vidrio sílice-sosa-cal da una apariencia agradable y buena transparencia.

Este producto puede fabricarse con otro tipo de vidrio, como lo es el fotocromico, el cual elevaría la calidad del producto y lo haría más atractivo, por las cualidades del vidrio mismo. Así se tendría un producto que cambia de color al entrar en contacto con comida fría o caliente.

NorMas QuE Se deBen CumpliR en RelAción al MateRIAl

■<NOM-P-034-1990>

- . en los artículos fabricados con vidrio calizo , el coeficiente de expansión térmica no debe ser mayor de 92 por 10⁻⁷ K⁻¹
- . para espesores de 10 mm o menos deben resistir un cambio brusco de temperatura de 332 a 293 oK <59 a 20 oC> y para espesores mayores de 318 a 293 oK <45a 20 oC>.
- . los esfuerzos residuales deben ser de 34.32 Kg/cm ó 488 lb/pulgadas al cuadrado.

deben resistir un corte de 3/4 partes de su diámetro sin sufrir estrelladuras o roturas a lo largo del corte

.proceso.

El proceso adecuado a este tipo de productos es el prensado, ya que son objetos de los cuales se necesitan varios de un mismo tipo.

Este proceso se utiliza para objetos con forma simple básica, en donde la abertura es más ancha que la base; esto no restringe la decoración de la superficie, la cual puede ser un poco o muy complicada.

El émbolo es usado para formar la superficie interior del artículo, el cual empuja al vidrio en contra del molde con la forma interior.

Normas Que Se Deben Cumplir en Relación al proCesO

■<NOM-P-017-1973>:

Se considera que un artículo de vidrio refractario tiene el temple adecuado cuando es capaz de resistir un corte efectuado por medio de una sierra con incrustaciones de diamante hasta los 3/4 partes de su diámetro mayor. El temple máximo debe ser de 24.6 kg/cm cuadrado de esfuerzos residuales determinados por los métodos de polariscopía o polarimetría.

■NORMA <NOM-P-034-1990>:

Después de la producción los artículos no deben presentar los siguientes defectos:

. críticos

Los que pueden producir condiciones peligrosas o inseguras para quienes usan o manejan el artículo o que puede llegar a impedir el funcionamiento o desempeño de una función importante del producto como: vidrio adherido, roturas, rebabas cortantes, burbujas abiertas, piedras, rayas brillosas.

. menores

Los que no reducen materialmente la utilidad para el fin a que está destinado o que produce una ligera desviación de las especificaciones establecidas y que no tiene un efecto decisivo en el uso u operación de la unidad por tratarse de un defecto de apariencia como: grietas, ondulaciones, marca del tijera o corte, opacidades, óptica, raspadura, mal quemado, arrugas de vidrio.

Cuando los defectos menores no son perceptibles, la aceptación de la pieza depende del tamaño, forma, color, cantidad por área y localización, que puedan causar una mala apariencia de la pieza, por lo que debe ser motivo de acuerdo entre fabricante y consumidor su aceptación o rechazo.

1.5.1 .envase y embalaje.

■NOM-P-34-1990

Debe establecerse de común acuerdo entre fabricante y consumidor. En caso de no ser así se deben usar cajas de cartón de una resistencia de 9 kg/cm cuadrado para el exterior. Para el interior se debe usar cartón de 7 a 9 kg/cm cuadrado de

resistencia o en algunos casos, envolturas de papel. Se usarán rejas de madera al exterior para transportarse.

Cuando el envase se usa para artículos separados se deben citar los siguientes datos: nombre del artículo, número del artículo, número y nombre del decorado, tipo de vidrio, color, clase, número de piezas, nombre o marca del fabricante, símbolos para el manejo, transporte y/o almacenamiento. La caja puede tener ya sea una fotografía o dibujo del producto. Estos letreros, obligatoriamente, estarán redactados en inglés, aunque se permiten otros idiomas adicionales.

2 REQUERIMIENTOS DEL USUARIO

2.1 .requerimientos racionales.

2.1.1 .requerimientos ergonómicos y antropométricos.

El diseño de objetos que son operados con las manos presenta problemas ergonómicos importantes ya que hay que tomar en cuenta las características psicológicas y físicas del usuario, debido a que los objetos son prolongaciones del cuerpo humano y por lo tanto éstas deben determinar las dimensiones y forma del objeto. Así hay que tomar en cuenta:

- que el material no comunique olores ni sabores.
- no debe liberar plomo ni cadmio, por lo que es preferible no decorarlo con pinturas que contengan estos elementos.
- debe ser placentero al tacto, sin bordes ásperos o cortantes.
- tamaño y forma de las manos y dedos, así como su flexibilidad y máxima y mínima amplitud para que el asidero o sostenido del producto sea natural de acuerdo con la posición de la mano.
- en el caso de las asas, éstas deben permitir el cómodo acomodo de los dedos. En las tazas el dedo índice debe acomodarse hasta la primera junta.
- la abertura de los objetos debe permitir la limpieza con la mano y las tapas y asas deben ser fáciles de asir y limpiar.
- temperatura a la que se calienta mucho el vidrio, esto para definir el espesor de las paredes de los recipientes o del color de los mismos <para que estas partes sean ricas o pobres conductoras de calor de acuerdo con su función, para que sea más resistente a los golpes y que el sorbo no se dificulte. >

TEMPERATURA Y EL EFECTO DE CONTROL EN LAS MANOS

	° C
cero psicológico	32 74
cálido	19 98
mínima aceptable	19 98-14 98
tolerable	14 59 - 9 99
intolerable	< 9 99
empieza el adormecimiento	< 9 99





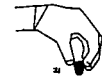
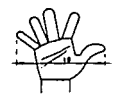
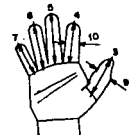
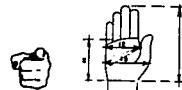
DaTos AntRopomÉtricos

DIMENSIONES DE MANOS Y DEDOS mm

percentiles	mujer				hombre			
	5to	50avo	95avo	d.e.	5to	50avo	95avo	d.e.
1 largo mano	159	174	189	9	173	189	205	10
2 largo palma	89	97	105	5	98	107	116	6
3 largo pulgar	40	47	53	4	44	51	58	4
4 l. d. índice	60	67	74	4	64	72	79	5
5 l. d. cordial	69	77	84	5	76	83	90	5
6 l. d. anular	59	66	73	4	65	72	80	4
7 l. d. meñique	43	50	57	4	48	55	63	4
8 holgura pulgar	17	19	21	2	20	23	26	2
9 grosor pulgar	15	18	20	2	19	22	24	2
10 holgura índice	16	18	20	1	19	27	23	1
11 grosor índice	14	16	18	1	17	19	21	1
12 holgura mano <meta-carplana>	69	76	83	4	78	87	95	5
13 holgura mano <a través pulgar>	84	92	99	5	97	105	114	5
14 holgura mano <mínima>	63	71	79	5	71	81	91	6
15 grosor mano <meta-carplana>	24	28	33	3	27	33	38	3
16 grosor mano <con pulgar>	40	45	50	3	44	51	58	4
17 máx. diámetro de agarre	43	48	53	3	45	52	59	4
18 abertura máx.	165	190	215	15	178	206	234	17
19 abertura máx. funcional	109	127	145	11	122	142	162	12
20 cuadro de acceso mín	50	58	67	5	56	66	76	6

TAMAÑOS RECOMENDADOS DE CONTROLES EN mm

	máximo	mínimo
21	93	
22	93	
23	381	155



28

2.1.2 .requerimientos racionales detallados.

La función del servicio debe ser la siguiente:

- debe funcionar como un servicio que proporcione el espacio para poner los alimentos fríos o calientes
- proporcionar espacio para colocar alimentos fríos o calientes y servirse de allí
- calentar alimentos en hornos eléctricos y de microondas
- guardar alimentos
- no debe ser un objeto más, sino que se sienta un placer al tenerlo y vivir con él.

y para que estas funciones se lleven a cabo adecuadamente, hay que tomar en cuenta:

- que los objetos deben ser ligeros de peso

- que se deben evitar todo tipo de texturas, protuberancias o depresiones demasiado cerradas que colecten mugre.
 - los diferentes tamaños de los hornos eléctricos, de microondas y otros
 - que sea apilable <pero que permita la holgura que evite que se aprieten y despostillen o rompan cuando estén húmedos> y modulable <que tenga piezas intercambiables> para que ocupe poco espacio
 - los platos deben poder apilarse de 30 en 30 piezas
 - que las asas estén firmemente pegadas en los objetos ya que esta parte es la más débil
 - se deben evitar partes móviles innecesarias
 - las bases de tazas y platos no deben tener un receso que colecte agua que ensucie a otros objetos secos
 - que los bordes de los diferentes objetos sean redondeados, ya que esta parte es la más propensa a despostillarse
 - el tamaño de las jarras y tazas debe ser el que contenga la cantidad correcta del líquido, sin ser llenado hasta el borde. En las tazas deben determinarse las medidas a 6 mm del borde.
 - en el diseño de jarras, una estandarización en el tamaño y forma de las mismas es mejor
 - el colador de las jarras debe poder limpiarse fácilmente <evitar trampas de mugre> y debe retener hielos
 - el pico no debe permitir gotear ni ser muy sobresaliente para que no estorbe y para que no sea muy vulnerable a los golpes.
 - en el diseño de vasos se debe ver que sean de un material transparente e incoloro, que permita la observación de la claridad del líquido
 - en el diseño de platos, estos deben ser lo más versátiles posible, adecuados para todo tipo de comida.
 - en el diseño de tazas hay que ver que existe una relación entre el diámetro y la altura de la taza. Entre más grande sea el diámetro en relación con la altura, más rápidamente se pierde el calor.
 - formas y volúmenes tomando en cuenta las diferentes cantidades y calidades de la comida nacional e internacional, aunque la masa y dimensiones de los artículos deben estar de acuerdo a lo aceptado entre fabricante y consumidor.
- > **vasos** 227 cc, 284 cc, 341 cc > **jarras** para cuatro personas 853-938 cc
- > **platos** diámetros entre 15.24 y 25.4 cm para que quepan en máquinas lavavajillas es decir: 15.24, 16.51, 17.78, 19.05, 20.32, 21.59, 22.86, 24.13, 25.4 cm. > **tazas** 4, 6, 7 y 8 onzas

.2.2 .requerimientos emotivos.

Los requerimientos emotivos a considerar en este proyecto son los de estética y semiótica.

.2.2.1 .requerimientos de estética y semiótica.

El producto deberá tener una estética derivada principalmente del material y de las proporciones según su función. El diseño debe incluir elementos que sean

muy particulares de nuestro país , como son la pesantez visual y la dualidad incorporados como elementos abstractos. Deberá ser un diseño que comunique emoción , alegría , elegancia e intemporalidad .

3 REQUERIMIENTOS ECONOMICO SOCIALES

.....
Con la política económica que se ha seguido en los últimos años en México se pretende impulsar el libre comercio a través de medidas radicales como la de limitar la participación del Estado en las industrias, eliminar las barreras arancelarias, desaparecer el proteccionismo, etc.

El libre comercio implica que las industrias nacionales compitan con las extranjeras en igualdad de circunstancias. La industria mexicana tendrá que volverse competitiva modernizándose.

La industria del vidrio y en particular la de los servicios para mesa no es la excepción. Como en cualquier área esta industria se divide en pequeña, mediana y grande. Esta clasificación se basa no en el volúmen de producción sino en el grado en que los procesos de producción están automatizados. Luego la pequeña industria es la artesanal 100%, la mediana cuenta con procesos semiautomatizados y la gran industria tiene sus procesos automatizados en su totalidad. Esta automatización permite un mayor volúmen de producción y también más variedad, producen más a menor costo.

En las industrias mediana y pequeña el control de calidad es más flexible y su limitado volúmen de producción surte sólo una pequeña parte al mercado nacional, es decir que muchas de estas industrias producen sólo para exportar. Como es obvio la pequeña y mediana empresas requieren de mayor personal que la grande. Este tipo de industrias tiene dificultades para sobrevivir en el nuevo esquema económico porque fabricará a mayor costo, por ello se pretende orientar la producción de vajillas hacia mercados que aprecien precisamente lo fabricado manualmente. Es importante impulsar esta industria con nuevos diseños, que atraigan a la gente hacia esos artículos y también introducir materiales y procesos de mejor calidad e innovadores.

Como último punto hay que decir que si estas empresas <mediana y pequeña>, proliferan y pueden colocarse en igualdad de circunstancias con las de otros lugares, se podrán mitigar dos de los principales problemas del desarrollo. El problema de los desechos con ayuda del reciclaje y el rescate de las tradiciones, lo cual se expresa a través de lo hecho por los nuestros y donde es posible que desaten su creatividad.

**(REDEFINICIÓN DE OBJETIVOS.
LISTADO DE REQUERIMIENTOS)**

REDEFINICIÓN DE OBJETIVOS

LISTADO DE REQUERIMIENTOS

De los apartados anteriores se pueden condensar en una lista los principales requerimientos tanto del productor como del usuario, para así desarrollar el servicio de vidrio para mesa inicialmente planteado. Se otorga a cada uno de los requerimientos una calificación que va del 0 al 10, <siendo de mayor valor la calificación de 10>, de acuerdo al criterio de la que diseña; es decir que este listado se realiza con el fin de decidir que requerimientos son los más importantes o los que tienen mayor peso para así redefinir objetivos y poder empezar a diseñar propiamente. Este listado también sirve para calificar las diferentes propuestas que se presentan.

El nuevo servicio de vidrio para ser útil debe de cumplir con los:

1 REQUERIMIENTOS DEL PRODUCTOR

.....

	valor
1.1 requerimientos administrativos	.... 5
1.1.1 requerimientos de costos	.... 7
Los costos del producto deben estar entre N\$200.00 y N\$350.00	
1.2 requerimientos de mercado	
1.2.1 grupo objetivo	.... 8
Este producto esta dirigido a las personas que ganen más de 25000 dólares al año en EU.	
1.2.2 oferta en el mercado	.... 8
Al grupo de artículos de vidrio para mesa al que hay que enfocarse es al de productos de semilujo.	
1.3 requerimientos de ventas	.... 3
El productor debe cumplir con los requerimientos de compras y contactar con empresas de exportación/importación.	
1.4 requerimientos de compra	.... 4
Los artículos del proyecto deben tener principalmente calidad y diseño con características mexicanas.	
1.5 requerimientos de producción	.... 8
El material adecuado para este producto es el vidrio sílice-sosa-cal templado y el proceso adecuado es el prensado manual.	

1.5.1 envase y embalaje	.... 5
Se deben empaçar en cajas de cartón de resistencia de 9Kg/cm cuadrado y de 7 Kg/cm cuadrado, citando los datos de la norma . NOM-P-34-1990.	

2 REQUERIMIENTOS DEL USUARIO

.....

2.1 requerimientos racionales 8

2.1.1 requerimientos ergonómicos y antropométricos 8

Se deben tomar en cuenta principalmente las dimensiones de las diferentes partes de la mano y las características del material usado para que no envenene o queme al usuario.

2.1.2 requerimientos funcionales 7

La función del servicio debe ser la de proporcionar un espacio para colocar alimentos fríos o calientes.

2.2 requerimientos emotivos

2.2.1 requerimientos de estética y semiótica 9

La estética del producto debe ser contemporánea con elementos de la cultura mexicana y que comunique emoción, alegría y elegancia.

3 REQUERIMIENTOS ECONOMICO SOCIALES 9

.....

Se requiere un impulso a la pequeña y mediana industria, preservando métodos artesanales utilizando materiales reciclables para cuidar la nación. Se requiere impulsar al diseño mexicano y a la exportación.

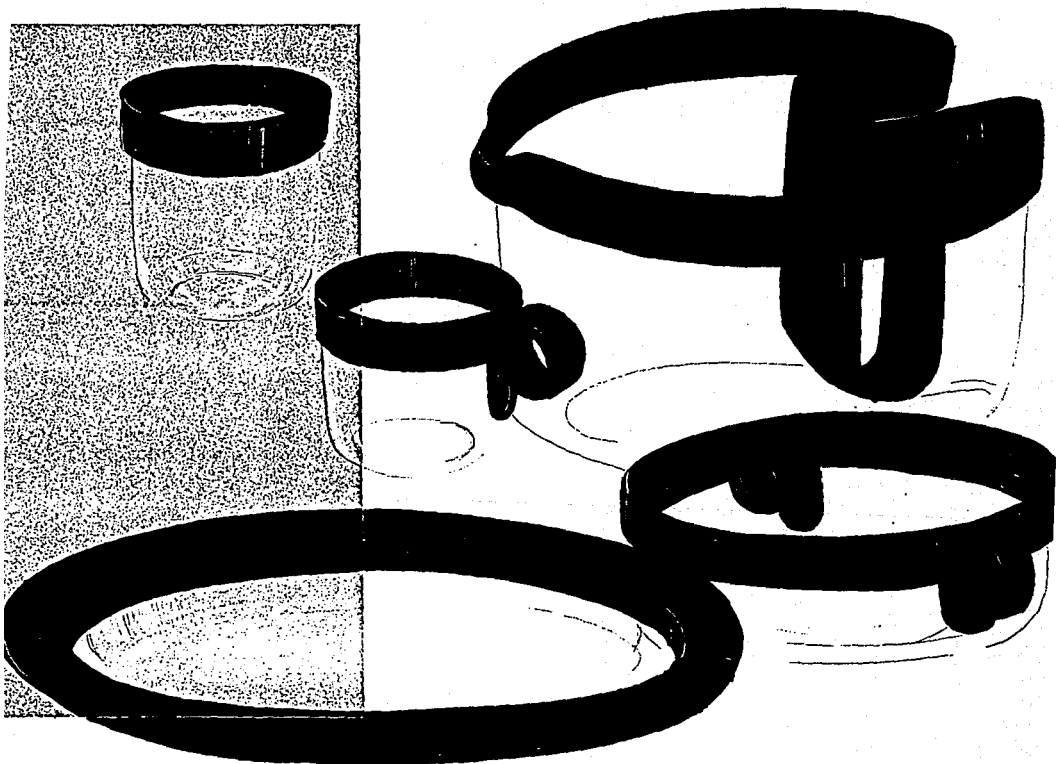
Como se puede observar yo me inclino por enfocarme más hacia los requerimientos emotivos y de mercado y por cumplir con los requerimientos economico sociales; es decir proponer alternativas aplicables a los procesos de fabricación manual que tengan características formales de este país.

(TRANSFORMACIÓN. ALTERNATIVAS)

alternativa A

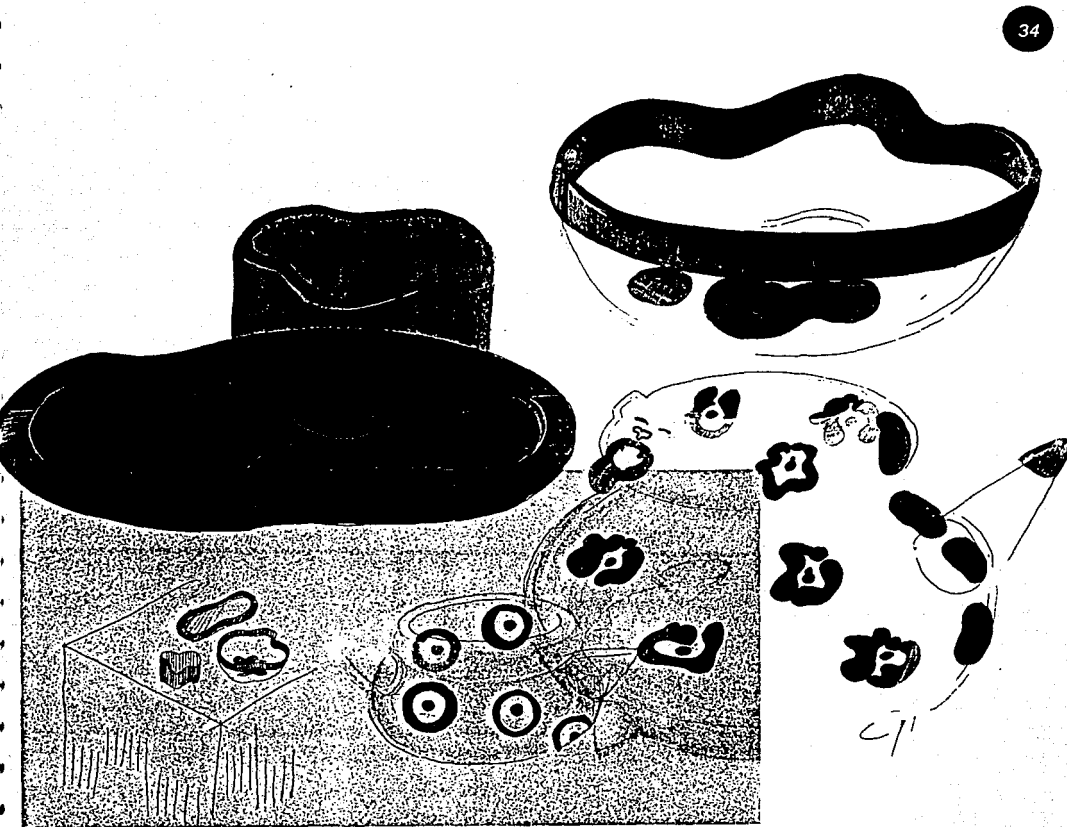
La primera propuesta de diseño fue la de una familia de objetos con muy poca información , de vidrio blanco transparente con borde superior y asas azules . Con este color se pretendía reducir el calor que generarán los alimentos muy calientes y así evitar que la gente se quemara . También , estos objetos tendrían un borde para evitar que se metieran los dedos a la comida y un -esmerilado- con ácido en el fondo , lo que simularía los rayones a los que se someten con los cubiertos . Inicialmente se pensó en el proceso de prensado automático .

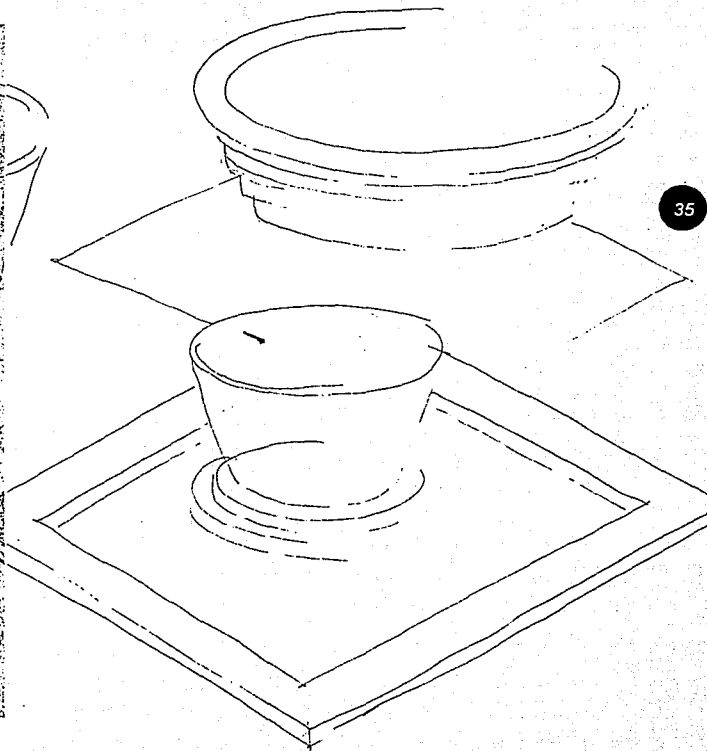
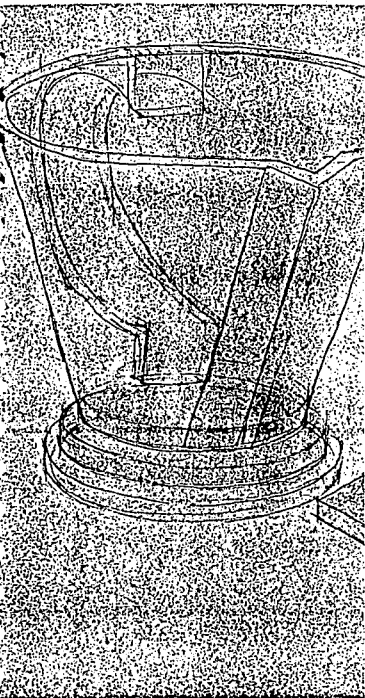
Esta propuesta surgió de la propia experimentación que se había tenido con objetos de vidrio para mesa , además del estudio del vidrio .



alternativa B

La segunda fue una en la cual se usa como inspiración a la cultura olmeca y a su principal deidad , el jaguar . Los platos serían como machas de jaguar negras o amarillo con negro . Para la jarra se pensaba utilizar al propio animal simulando a objeto. Esta propuesta me parecía muy graciosa ya que sobre un mantel amarillo quedarían muy bien las manchas y la cabeza del felino .

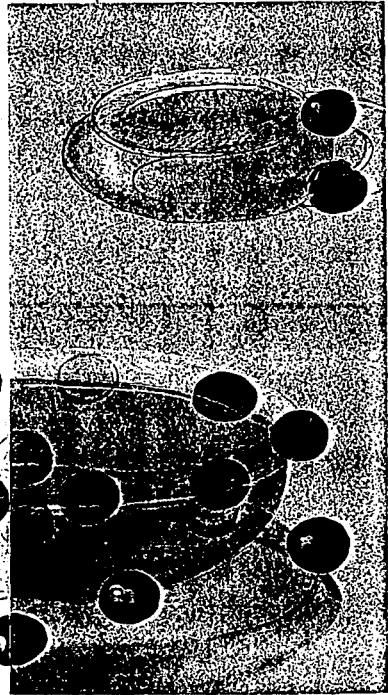
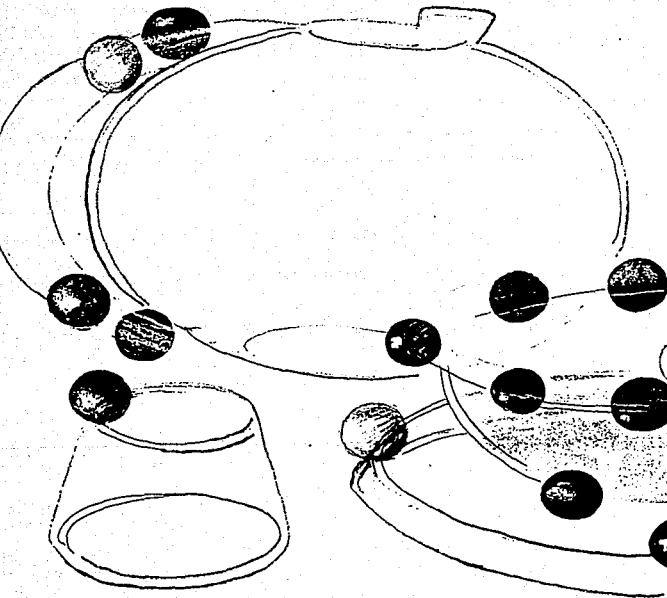


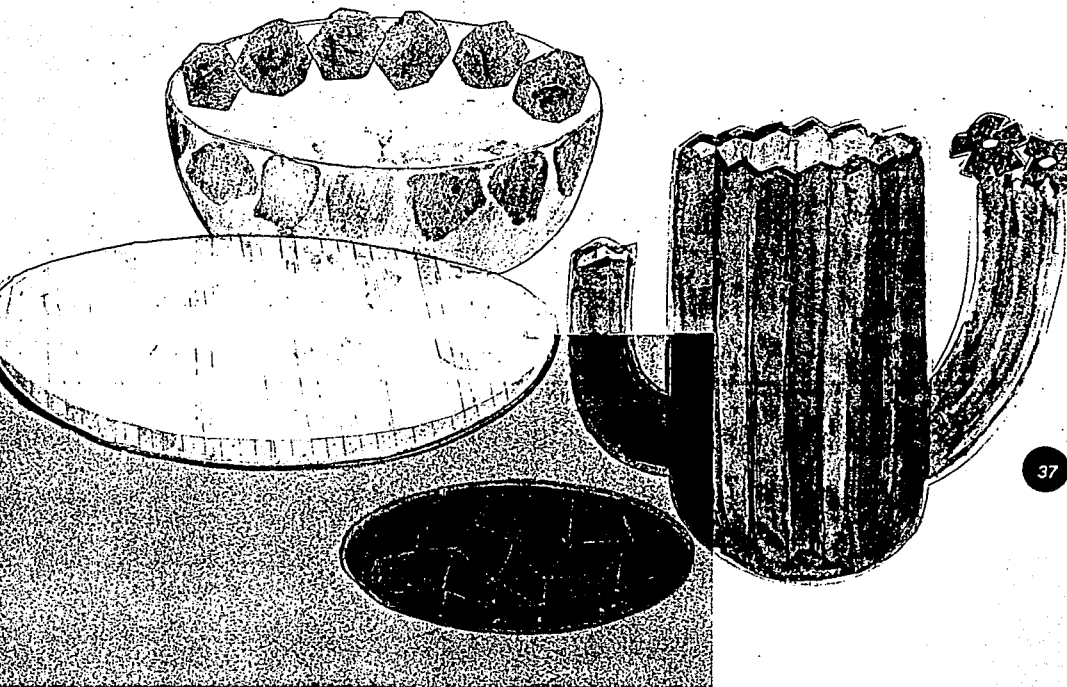


En la tercera opción se pretende utilizar un proceso de cortado , doblado y pegado , usando vidrio plano . La configuración generada a partir del nepohualtzintzin .

alternativa D

Como cuarto camino a seguir se propuso un diseño inspirado en los mixtecos , utilizando esa forma óvalo-circular de sus vasijas y como elemento decorativo , esferas de vidrio transparente de colores , puestas en forma aleatoria sobre los recipientes .



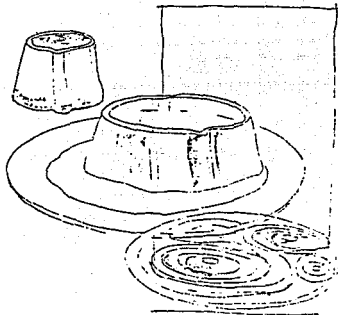


Finalmente se presentó una propuesta basada en la geografía de yucatán . Se propuso hacer un plato simulando un cenote <con piedras incrustadas alrededor> , otros platos que reprodujeran el tipo de vegetación <escasa > y suelos de la región . Así mismo , una jarra imitando un cactus .

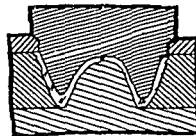
De estas cinco propuestas se eligieron dos para desarrollarse : la que se basa en la geografía de una región y la que tiene esferas de vidrio de colores . De estas dos , se volvieron a hacer otras variantes de los temas:

alternativa D1

propuesta de fabricación de opción



... utilizando volcanes como recipientes y lava como platos planos, con colores de las pinturas de Atl.



se presionan las piezas de cabeza para una mejor repartición del material

los platos planos podían hacerse en moldes o

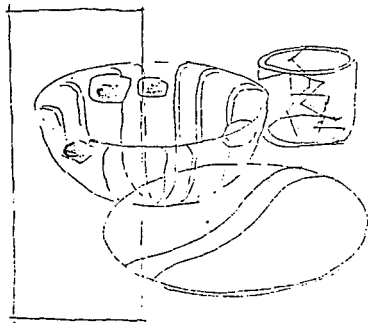


coladas sobre una plancha grabada con la textura

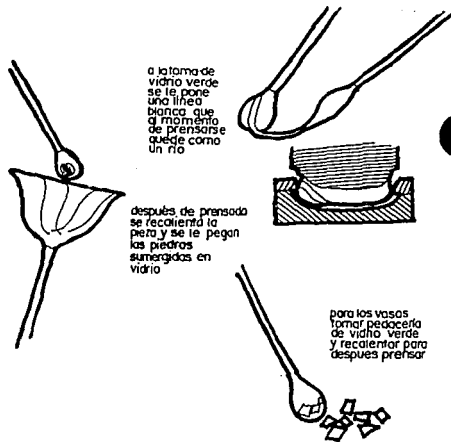


alternativa D2

propuesta de fabricación de opción



... basándome en la vegetación de la selva mexicana, se pensó en recipientes imitando cascadas y hojas de plantas y platos planos como suelo.



a la toma de vidrio verde se le pone una línea blanca que al momento de presionarse queda como un río

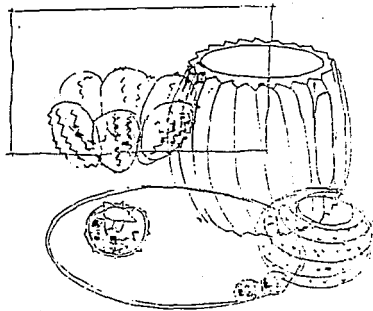
después de prensado se recalienta la pieza y se le pegan los pedros sumergidos en vidrio

para los vasos tomar pedacitos de vidrio verde y recalientarlo para después presionar

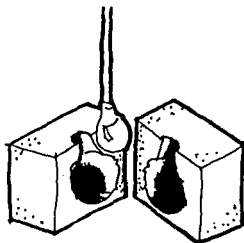
38

alternativa D3

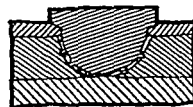
propuesta de fabricación de opción



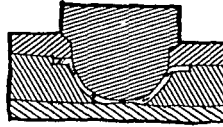
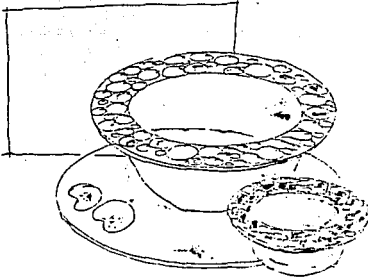
... de acuerdo a la vegetación y suelo de las zonas desérticas, recipientes sugiriendo cactáceas.



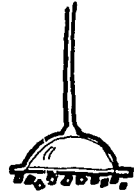
estas piezas serían sopiadas y prensadas molde



propuesta de fabricación
de opción



para los platos poner fundirel lino
con una placa de vidrio y
calentar para que se hunda en
un molde

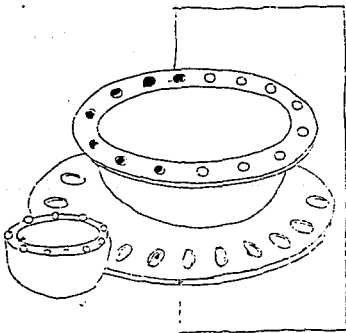


recalentar la
saca y tomar
pedacita de
vino mucolor
y volver a
calentar

alternativa D4

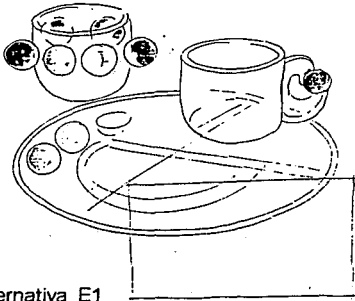
...
las chinampas de xochimilco fueron otro tema elegido
para diseñar recipientes , los cuales se proponía , fueran
fabricados con el proceso de millefiori < aunque sean
italianas, también se pueden hacer aquí estas florecitas > .

39

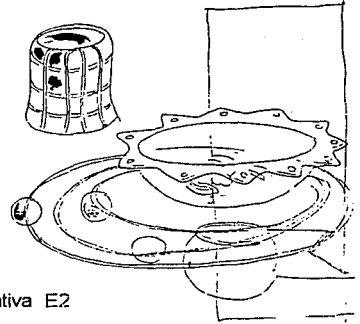


...
para mostrar al mundo , se pensó en las frutas y verduras
originarias de américa y se propuso el utilizar los
colores tanto de la cáscara , como de la pulpa y las semillas ,
por ejemplo , el exterior de un plato , verde ; el
interior anaranjado y en el borde , las semillas negras de la papaya .

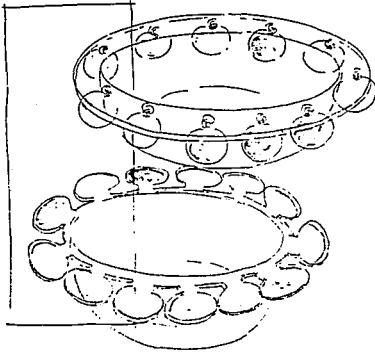
alternativa D5



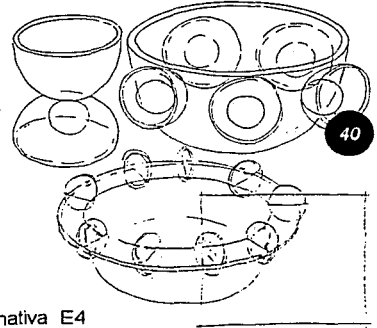
alternativa E1



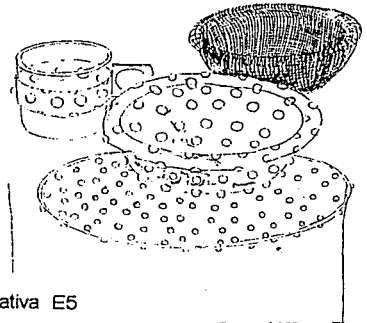
alternativa E2



alternativa E3



alternativa E4



alternativa E5

... como variante aparte también se propuso el diseño de recipientes con alma de malla de alambre o de lámina perforada cubiertos de vidrio.

Al final, se eligió para desarrollar, el diseño de objetos basados en la vegetación y paisaje desértico, ya que el tipo de clima seco es el que más impera en el país y por lo tanto existe un gran número de cactáceas originarias de aquí, como las de forma de barril. También se eligió la primera propuesta, la mixteca, de las esferas de vidrio. Estas dos opciones fueron las que mejor cumplieron con los requisitos del listado de requerimientos.

EVALUACION DE ALTERNATIVAS

Aquí se califica a cada una de las alternativas que se proponen en las páginas anteriores para decidir cuál es la que mejor cumple con las necesidades del listado de requerimientos. Se les da una calificación del 0 al 10, siendo el 10 la calificación de mayor valor.

alternativas

	A	B	C	D	E	E1	E2	E3	E4	E5	D1	D2	D3	D4	D5
--	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

REQUERIMIENTOS DEL PRODUCTOR

1.1 requerimientos administrativos

	9	7	9	9	8	7	7	7	8	7	8	7	8	8	8
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

1.1.1 requerimientos de costos

	8	6	8	8	7	6	6	7	5	5	7	5	5	6	8
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

1.2 requerimientos de mercado

1.2 grupo objetivo

	5	9	8	9	9	9	9	9	8	9	8	7	9	9	8
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

1.2.2 oferta en el mercado

	9	8	8	9	9	8	9	9	9	9	9	8	9	9	8
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

1.3 requerimientos de ventas

	7	9	7	9	9	9	8	9	7	7	6	6	8	8	6
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

1.4 requerimientos de compra

	6	9	8	9	9	8	8	9	8	8	8	7	9	9	8
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

1.5 requerimientos de producción

	8	5	3	8	7	7	7	8	6	6	8	6	8	7	7
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

1.5.1 envase y embalaje

	9	6	9	9	8	9	9	8	9	9	9	8	7	7	9
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

REQUERIMIENTOS DEL USUARIO

2.1.1 *requerimientos ergonómicos y antropométricos*

9 6 5 7 7 6 6 7 7 8 7 7 8 7 6

2.1.2: *requerimientos funcionales*

9 9 5 9 8 7 7 8 7 8 6 8 6 6 8

2.2.1 *requerimientos de estética y semiótica*

8 9 8 9 9 9 8 9 9 9 8 6 9 9 6

REQUERIMIENTOS ECONOMICO SOCIAL

8 9 6 9 9 9 9 9 9 9 9 8 8 9 9 8

.....

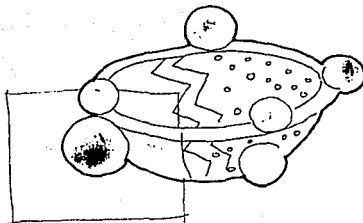
promedio

7.4 7.8 6.9 8.6 8.3 8 7.9 8.3 7.7 8 7.9 7.2 8 8 7.7

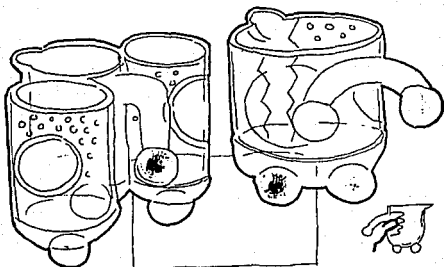
.....

.....

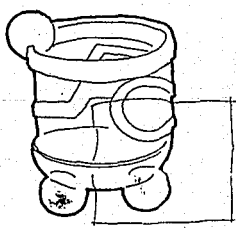
Las propuestas que cumplieron mejor con los requerimientos son la de las esferas <8.6> y las de las cactáceas y paisaje desértico <8.3>; de ambas se proponen algunas opciones, pero se eligió la de las esferas como mejor alternativa porque los moldes son menos complicados y por lo tanto menos caros y además me pareció un poco más original y atractiva. Con esta alternativa se trabajó hasta obtener un resultado satisfactorio.



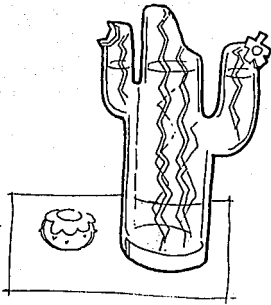
fuelle



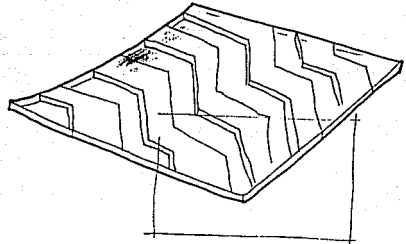
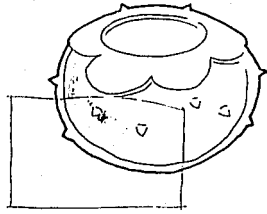
jarras



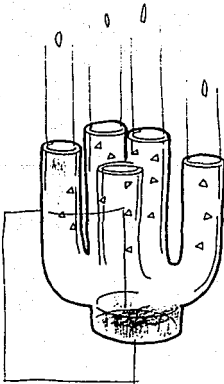
vaso



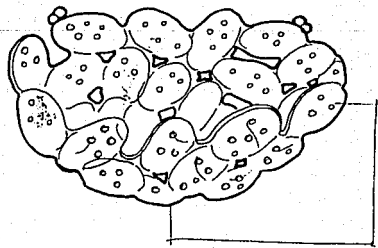
jarra



plato

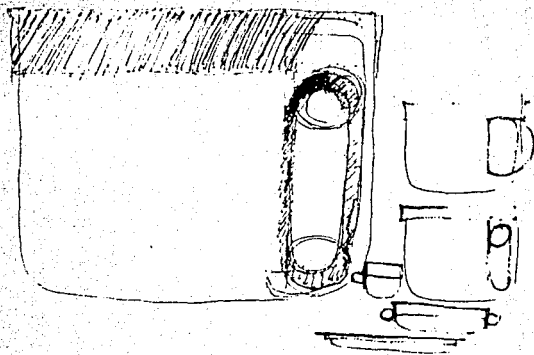


candelabro



fuelle

bocetos presolución

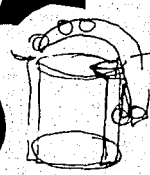
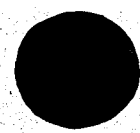
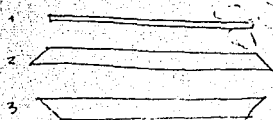


P

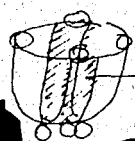
C

D

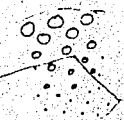
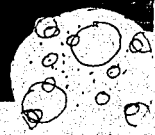
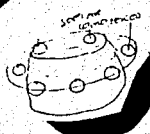
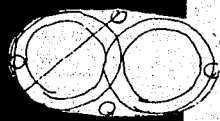
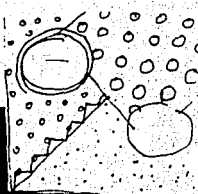
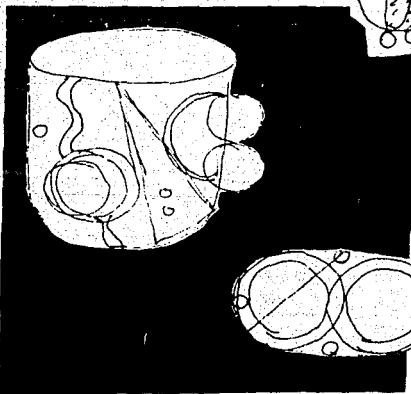
A



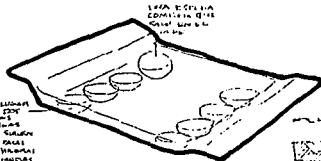
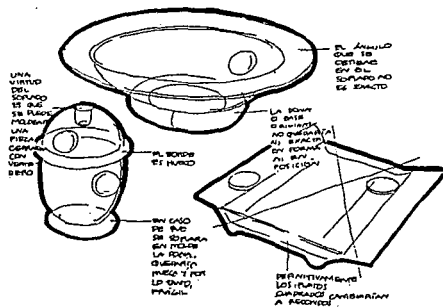
47
A LA
HACIA
ABRIRLO
CARGUE
CASI EN
EL CENTRO



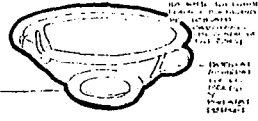
EMERILADO



alternativas al proceso de prensado



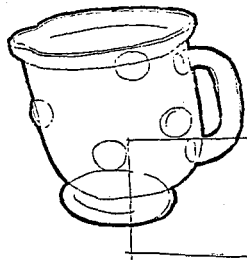
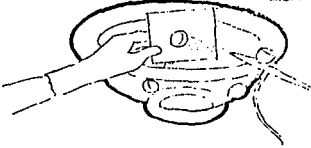
EN CASO DE UN BORDO DE SOPALDO SE HAZEN LAS PUNAS, LA PUNTA, EL ANILLO, EL FONDO Y POR LO CANTO, EL FONDO.



EL ÚNICO PROBLEMA CON EL Prensado Es Que En Alguna Ocasión Y Cuando Los Cereales Se Usan Se Necesita Para Sopalar Y Prensado En Molde.



UNA VARIANTE DEL SOPALDO ES QUE SE HAZEN MOLDEANDO UNA PIEZA CON UN VASO DE VIDRIO.



EN EL CASO DE UN BORDO DE SOPALDO SE HAZEN LAS PUNAS, LA PUNTA, EL ANILLO, EL FONDO Y POR LO CANTO, EL FONDO.

LAS MODIFICACIONES QUE SE HIZIERON A LAS PIEZAS SI FUERAN A SOPALDO...



BORDO PUNTO RECONOCIDO EN CASO DE BORDO DE SOPALDO SE HAZEN LAS PUNAS, LA PUNTA, EL ANILLO, EL FONDO Y POR LO CANTO, EL FONDO.



LA PASTILLA Y PUNTA TIENEN QUE SER UN BORDO DE SOPALDO.



EN CASO DE UN BORDO DE SOPALDO SE HAZEN LAS PUNAS, LA PUNTA, EL ANILLO, EL FONDO Y POR LO CANTO, EL FONDO.



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE DECISIÓN DE ALTERNATIVAS Y DE SOLUCIÓN

Lo primero que se hizo fue investigar todo lo relativo al vidrio <ver el anexo> y se pensó en la posibilidad de utilizar un tipo de vidrio y un proceso diferentes a los comúnmente utilizados: como vidrio fotosensible y fotocromico y un proceso de sinterización. Así mismo también se pensaba que el vidrio de color azul podría evitar que algunas partes de la pieza se calentaran más que otras, es decir que podría ponerse en asas y bordes y que esto podría ayudar a tener una temperatura menor en esas partes; pero en realidad esto no funciona muy bien y la ayuda que se tendría con el vidrio azul es mínima.

También se quería utilizar un proceso de endurecimiento químico o físico en el vidrio para evitar que se rayara o rompiera con facilidad. Así, la primera propuesta que se diseñó fue muy práctica y se pensaba que se podría fabricar con un proceso automático.

Para otras propuestas se pensó más en la configuración de las piezas y se tomaron en cuenta tanto las tendencias formales actuales como las características que identifican a lo mexicano <como los siete elementos primarios y la dualidad y pesantez visual>; ya que como el servicio era para exportación era importante que éstas tuvieran un marcado carácter de esta nación.

Se hicieron investigaciones bibliográficas y museográficas del arte de las civilizaciones olmeca, maya, tolteca, teotihuacana, mixteca y mexicana principalmente, y de la geografía, flora y fauna mexicanas, así como del vidrio poblano.

De esta forma se pensó en utilizar un proceso más sencillo como el prensado, aunque en el material todavía se tenía la inquietud de usar algo diferente.

Cuando se definió la opción de las esferas de colores < que primero se pensó imitaran piedras como el cuarzo, obsidiana, turquesa, etc y que luego cambiaron a colores transparentes> se pensó que las piezas fueran fabricadas por partes, es decir que primero se pensarían los recipientes y las esferas se pegarían posteriormente con soplete de oxiacetileno o con algún pegamento para vidrio, pero como estos procesos de pegado no eran muy seguros se buscaron diferentes opciones al diseño, pensando también en cambiar el proceso de prensado a soplado o slumping, para lo cual se propusieron varias alternativas, pero se ve que en México los fabricantes tienen poca iniciativa y pocas ganas de experimentar con cosas nuevas y que se salgan de su línea, por lo que si no se iba a poder hacer el proceso del soplado mejor se regresó al proceso del prensado manual, además de que los productos realizados con la técnica del soplado son más frágiles que los prensados.

Así en el nuevo diseño prensado en lugar de usar esferas completas se propusieron medias esferas, con lo cual se incluían ya estos elementos en el recipiente. Ya para este momento se había decidido utilizar el prensado manual en lugar del automático, ya que era más viable porque las molduras para los procesos manuales son menos sofisticadas que las de los procesos automáticos, y lo principal es que es muy atractiva una producción artesanal para exportación que una con procesos automáticos.

En el diseño final se incluyó el borde azul no tanto ya por evitar lo del calentamiento sino porque me pareció un elemento muy mexicano y bello. Se pensó que tanto éste como las medias esferas podrían esmaltarse posteriormente al prensado.

En cuanto al material, primero se deseaba utilizar un vidrio fotocromico que cambiara de ser incoloro a azul o rojo < según el alimento fuera frío o caliente >, pero sólo es posible por lo pronto que cambie sólo a diferentes tonos de verde, ya que lo del azul y rojo está en experimentación.

Después se pensó que lo mejor sería utilizar un vidrio sosa- cal-silíce con cubierta de vidrio fotocromico con lo cual el vidrio tiene ya las características del fotocromico pero es menos caro, aunque finalmente se desechó completamente la idea de incluir el material fotocromico en el diseño ya que lo vuelve un artículo difícil de producir porque hasta ahora este material no funciona para artículos domésticos si no se protege con un recubrimiento plástico, lo cual complica el proceso.

En la solución concluyente se aplanaron aún más las medias esferas y el espesor de las bases de las piezas con el objeto de hacerlo más homogéneo en toda la pieza para que así el recocido y templado se puedan realizar con facilidad.

**(CONVERGENCIA : SOLUCIÓN
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO)**

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Es una familia de objetos de vidrio sosa-cal prensado manualmente, templados y decorados con esmaltes .

Es la respuesta a la necesidad de una opción diferente a lo que existe actualmente en el mercado para exportación .

La familia consta de diez tipos de piezas : jarra 1 , fuente1 , taza 4 , vaso 4 , tazón 4, plato hondo grande 4, plato postre 4, plato plano chico 4 , mediano 4 y grande 4. Se eligieron estas piezas porque se considera que son las que más comúnmente se usan.

Se diseñó este servicio porque ni en el mercado nacional que pudiera ser exportable ni en el mercado internacional existe mucha variedad en productos de este tipo ; es decir que hay servicios de mesa < ensaladeras , platonés , jarras , candeleros , etc > pero no una vajilla de platos , tazas , y fuentes.

Lo especial de este proyecto es el proceso con el que esta fabricado que es el prensado manual, no sólo porque es un proceso prácticamente desaparecido, sino porque el acabado de estos objetos es un poco rústico y por lo tanto, atractivo; además de que el pintado de las esferas se realiza a mano también.

La ventaja de este servicio en comparación con los que se exportan a EU es sobre todo el material con el que esta fabricado; ya que la capa fotocromica le da una cualidad hasta ahora única de entre todos los demás servicios.

El producto a exportar es una edición limitada de 5000 servicios de vidrio <más sobrantes para reposición>. Cada servicio constará aproximadamente de 34 piezas < para 4 personas >. La pieza más cara está valuada en \$8.3 US. Costo apropiado al material y al proceso.

Es una edición limitada porque aparte de que la capacidad de producción de la fábrica no es muy grande, se pretende que el comprador sienta que está adquiriendo un objeto exclusivo.

51

función, uso, utilidad y ergonomía del servicio de mesa

• Todos los contenedores de las piezas son de vidrio transparente incoloro . Las piezas hondas son de base completamente esférica tanto por el interior como por el exterior , por lo que tienen una base de forma circular <dona> que los mantiene derechos . Esta base tiene una textura punteada.

• Los platos planos también tienen redondeadas las uniones de base con pared , y se separan de la superficie en la que se coloquen por medio de unas -patas- que van a todo lo largo del mismo . Estas patas también tienen una textura punteada .

. La base esférica de las piezas hondas permite comer mejor porque con ésta se pueden recoger los alimentos más fácilmente . Como no tiene aristas interiores , no se acumula comida , se facilita la limpieza y es más higiénico .

. Todas las piezas tienen un borde azul transparente en la parte superior de la misma . En el caso de los platos , es un área por donde se toma al recipiente y mantiene a los dedos lejos de la comida .

. En el caso de las otras piezas , este borde es ancho el cual se continúa , en el tazón y en la fuente , por los lados , en el lugar en el que se colocan la mano y los dedos .

. Como los bordes más anchos que el resto de las paredes del recipiente y alejados de éste , no se calientan tanto al estar los objetos en contacto con comida caliente .

. Todas las piezas tienen unas medias esferas incluidas en el vidrio puestas en forma indefinida, las cuales son simplemente decorativas .

. Los platos planos tienen una pared alta por el lado del borde y por el otro lado , una pared corta que evita que se derramen los líquidos de los alimentos caldosos .

. Los bordes de los recipientes son redondeados para que sean placenteros al tacto .

. Las uniones de las medias esferas con el recipiente son fácilmente limpiables

. Las asas son adecuadas tanto para el máximo como para el mínimo percentil .

. El peso de cada pieza permite levantarlos con facilidad .

. Funciona como un servicio que proporciona el espacio para poner alimentos tanto fríos como calientes , para comer o como fuentes para servirse de allí .

. También sirven para calentar alimentos en hornos de microondas o eléctricos y para guardar alimentos en el refrigerador .

. Como son de vidrio transparente combinan con otro tipo de vidrio o con accesorios de metales < servilleteros , candeleros etc > .

. Tienen un tamaño que cabe bien en los hornos medianos <30-45 cm> , ya sean eléctricos o de microondas , y en las máquinas lavavajillas .

. Son apilables

. Soportan los cambios bruscos de temperatura .

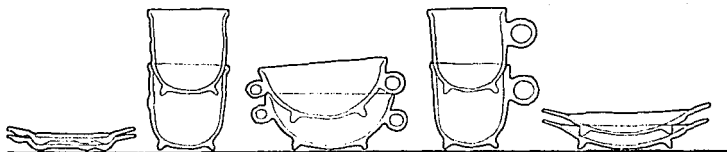
. Las asas están bien firmes en los objetos .

. El redondeado de los bordes evita el despostillamiento de las piezas .

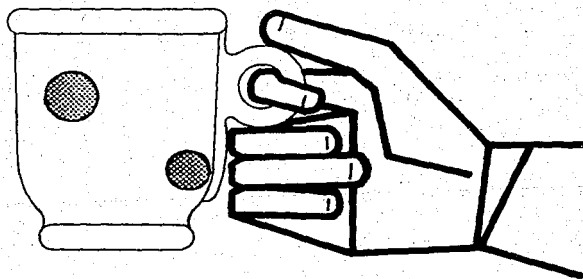
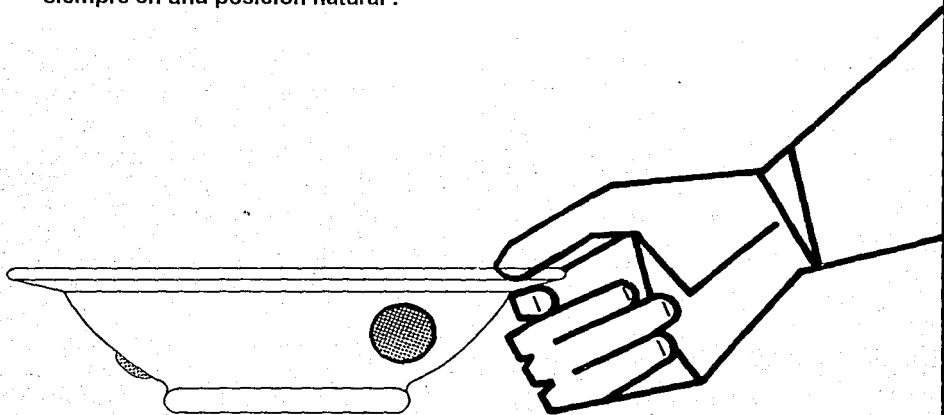
. Las tazas y jarras permiten el llenado de una cantidad correcta de líquido sin derramarse .

. La transparencia de los recipientes permite la observación de la claridad del líquido y da una sensación de limpieza .

. Los tamaños y volúmenes son adecuados para las diferentes calidades y cantidades de la comida internacional .

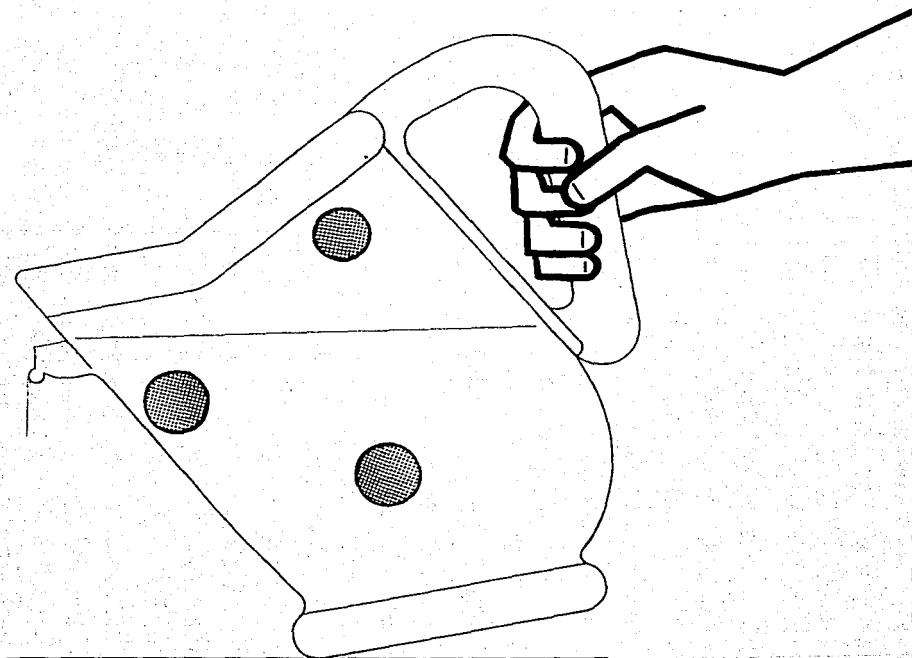


En todos los platos el borde tiene una leve inclinación hacia arriba para que no se fuerce la muñeca al momento de levantarlo , sino que la mano está siempre en una posición natural .



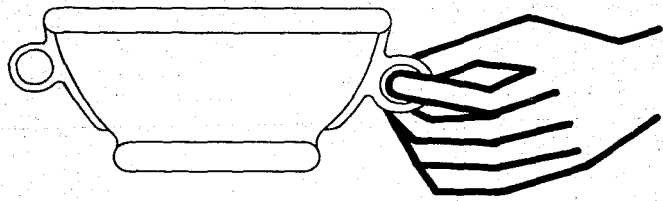
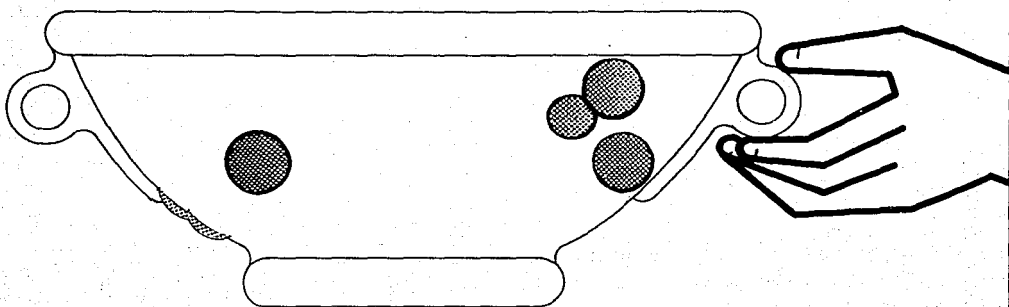
La taza tiene un asa por la que cabe el dedo índice y justo donde está el asa se hace el vidrio más ancho <continuación del borde> para que los otros dedos no se quemen al momento de consumir líquidos calientes .

La jarra tiene una inclinación hacia el lado del pico vertedor. El asa está en ángulo recto para que no se doble la muñeca y el servido del líquido se haga con comodidad. Esta asa tiene un espesor de 2.54 cm , el adecuado para esta forma de elemento .



El pico de esta jarra tiene un elemento que guía al líquido hacia abajo en una vertical , lo cual impide que el líquido resbale por el cuerpo de la jarra en lugar de que cayera en el vaso o taza al que se esté sirviendo .

La fuente puede servir tanto para alimentos líquidos como para sólidos <ensaladas , sopas> , y tiene dos asas a los lados para poderla levantar y cargar .



El tazón tiene en el borde lateral unas asas para poderlo levantar para tomar el alimento líquido .

estética y semiótica del servicio de mesa

Como la vajilla es para exportación y como yo considero que más que cualquier otra cosa < como lo colonial o lo popular de barrio > lo prehispánico es lo que más se acerca a lo mexicano , me basé en la cerámica prehispánica . Se incorpora su estética elementos y conceptos al diseño en forma abstracta . Me basé sobre todo en las vasijas tripodes con pastillaje y las que se apoyan en una dona tejida .

La familia de objetos tiene elementos muy mexicanos como lo son la dualidad y la pesantez .

La dualidad en el contraste de todos los colores y las texturas y en las diferentes formas geométricas , círculo y cuadrado .

La pesantez visual de lo redondo , lo estático que se da con la base y las proporciones , además de lo pesado que se vuelve con la inclusión de las esferas

.estética del servicio de mesa.

forma

En el plano el contorno de los elementos es combinación de figuras básicas como cuadrado y círculo .

En la forma espacial es la unión de elementos como donas y aros a otro elemento base .

Los diferentes elementos como base y borde , así como las esferas , resaltan del contenedor , como si fueran partes separadas .

Las formas circulares se relacionan con los recipientes para líquidos y las cuadradas y planas con los recipientes para sólidos y secos .

material

El empleo del vidrio para la familia de objetos es porque es un material que se percibe como fino , se ve como una joya , pero en realidad es barato y económico

superficie .

La superficie de los contenedores es tanto por la parte cóncava como por la convexa es lisa , pulida y brillante , por lo que se ven limpios y elegantes .

La base de los contenedores es rugosa para producir efecto de pesantez en contraste con lo liviano del contenedor . Esta textura da en contacto con la superficie sobre la que se coloque, ligada a ella .

color

La transparencia y lo incoloro de los recipientes produce la impresión de ligereza .

Los colores de las esferas son los prehispánicos y de tradición popular , ocre , rojo óxido , verde viridiana , azul ultramar , rosa mexicano y combinaciones de éstos . Hay tanto colores cálidos que tienen connotaciones con fuego y calor con

expansión y abertura como colores fríos como el azul que asociamos con el hielo , el agua , el cielo , la limpieza , etc .

Los colores evitan la monotonía con el contraste que se logra con lo neutro del contenedor. Las esferas contrastan con los alimentos, los adornan y realzan.

El contenedor incoloro sólo resaltado por pequeños toques de color es grato porque no fatiga .

El azul intenso actúa como estimulante de la atención y colocado en las asas indica que es de allí por donde se toman los objetos.

orden

Los contenedores tienen un orden elevado ya que las figuras tienen poca información y se captan fácilmente , independientemente de la inclusión de las medias esferas , son simétricos .

Sin embargo también son complejos ya que las esferas aleatoriamente puestas le dan ritmo y movimiento a la pieza , lo que impide la monotonía .

También es complejo por la desviación del marco horizontal- vertical de los bordes que en su forma plana y lateral son diagonales con respecto a la horizontal , lo que transforma la estática en movimiento . Igualmente en la inclinación de la jarra .

Son complejos por los contrastes de los que ya se habló en la forma <circulo con cuadrado> , superficie y color .

.semiótica del servicio de mesa.

Tomando en cuenta que el hombre hasta que muere tiene una actividad lúdica, en general la sensación que se quiere dar con la apariencia global de los elementos de la familia , es de diversión , de algo gracioso , como un juguete , que se logra con el colorido , con la desigual colocación de las esferas y con el contraste de forma . Esto para poder crear una atmósfera relajada <ya que a la hora de la comida se debe estar tranquilo>, sin que por ello pierda elegancia o refinamiento el ambiente. Esto ayuda a que la relación del usuario con el objeto sea más natural y que cuando se mire como un objeto delicado por el material con el que está fabricado, no se le tenga demasiado respeto y se manipule con confianza y de hecho que sí, se juegue con él.

Se pretende que el objeto comunique el ambiente y paisaje de este país, ya que incluye en el color y posición del mismo nuestra variedad geográfica.

costos del servicio de mesa

El objetivo de obtener los costos es comprobar que el servicio está entre el rango de N\$ 200.00 y N\$ 375.00 <70 y 120 dólares>, el cual es un costo atractivo y adecuado para los posibles compradores.

Se considera una producción de 5000 servicios de mesa en tres meses. El costo por servicio se obtiene dividiendo entre 1667 $\leq 5000/3$ la suma de costos al mes. Son 5000 servicios porque es una edición limitada y este es el número mínimo de juegos que hacen costear el uso de un molde, tomando en cuenta que cada servicio tendría por lo menos 4 piezas de cada tipo.

Los precios de los materiales y servicios son de julio de 1993. Se consideran por ejemplo N\$ 20 000.00 al mes de gas porque el horno está prendido todo el día, además de que también se usa para el recocido y templado. Sin embargo se consumen poca luz y agua porque se trabaja de día y prácticamente lo único que utiliza energía eléctrica es el aparato esmerilador. El agua sólo se usa para lavar las piezas. La mano de obra que se indica es la que se dedica a la realización de esta producción.

58

costo de producción

COSTOS DIRECTOS < al mes

mano de obra		salario
horneador	3	N\$ 860.00
prensador	3	860.00
esmaltador	2	860.00
ayudante	4	546.00
maestro		2100.00
	
		N\$11164.00
		X 1.62 % =
		factor de integración
		al salario
total		N\$ 18085.00

materiales

<vidrio sosa-cal-silice: SiO2 72%, CO3Na 15 %, CO3 Ca 9 %, Al2 O3 2 %, CO3 Ba 0.6 %, NO3 Na 0.4 %, As 0.5 %, SO4 Na 0.5 % + esmaltes inorgánicos>.

	peso			
jarra	1.400kg	N\$ 5.095	1 por juego 1667 al mes	N\$ 8493.36
ensaladera	1.900	6.460	, ,	10768.82
plato plano grande	0.500	2.200	4 por juego 7000 al mes	15400.00
plato plano mediano	0.370	1.810	, ,	12670.00
plato plano chico	0.239	1.302	, ,	09114.00
taza	0.312	1.439	, ,	10052.00
vaso	0.286	1.358	, ,	09506.00
plato postre	0.300	1.400	, ,	09800.00
plato hondo chico	0.350	1.750	, ,	12250.00
plato hondo grande	0.500	2.200	, ,	15400.00
			
			total	N\$113454.18

.combustibles y energía

gas	N\$ 20000.00		. moldes	N\$ 33000.00/3 meses
luz	500.00		total	N\$ 11000.00
agua	30.00			
			
total	N\$ 21800.00			

SUMA DE COSTOS DIRECTOS

mano de obra	N\$ 18 085.68
materiales	113458.00
energía	21 530.00
moldes	11 000.00

	N\$ 164073.68 / 1667= 98.42

COSTO DE PRODUCCION = N\$ 98.42

. herramientas
3% de mano de obra N\$ 542.55

. mantenimiento
10% de mano de obra N\$ 1808.50

. empaque
N\$ 14000.00 <1667 servicios>

**SUMA DE COSTOS
INDIRECTOS**

mantenimiento de equipo	N\$ 1805.57
herramientas	0542.55
renta del local	9000.00
telefono	250.00
depreciacion de equipo <valor de equipo/5 anos>	2500.00
secretaria	860.00
auxiliar contabilidad	860.00
oficina varios	250.00

	N\$16071.14

SUMA DE COSTOS

DIRECTOS + INDIRECTOS N\$ 164073.68
016071.14

.....
N\$ 180144.82

**suma de costos +
empaque** N\$ 194144.82/ 1667 servicios=116.46

COSTO DIRECTO = N\$ 116.46

COSTO DIRECTO + <utilidad, comisiones, impuestos, fianzas, gasto financiero>

N\$ 116.46 +	20%	utilidad
	10%	comisiones
	25%	impuestos
	5%	fianzas
	6%	gastos financieros
	
	66%	

N\$ 116.46 x 1.66%= 193.32

.....

PRECIO UNITARIO = N\$ 193.32
LIBRE A BORDO
EN MEXICO

PRECIO DE VENTA EN EU = \$ 117.74

precio unitario N\$ 193.32
 flete 050.00

 N\$ 243.32 + 50% utilidad = N\$ 364.98/
 3.1=117.74

Tomando en cuenta que en EU un servicio de 20 piezas cuesta \$ 99.80, este servicio para mesa de 34 piezas tiene un precio adecuado a \$ 117.74.

COSTO POR PIEZA

	N\$	N\$	N\$	\$
	costo produccion	costo directo	libre a bordo	en EU
ensaladera	12.27	14.52	24.13	8.00
jarra	9.20	10.89	18.10	6.00
plato plano grande	3.40	4.00	6.63	2.50
plato plano mediano	2.50	3.00	5.00	1.60
plato plano chico	1.60	2.00	3.10	1.00
taza	2.10	2.50	4.20	1.50
vaso	1.92	2.30	4.00	1.30
plato postre	2.00	2.40	4.10	1.35
plato hondo chico	2.30	2.80	4.64	1.50
plato hondo grande	3.37	4.00	6.63	2.15

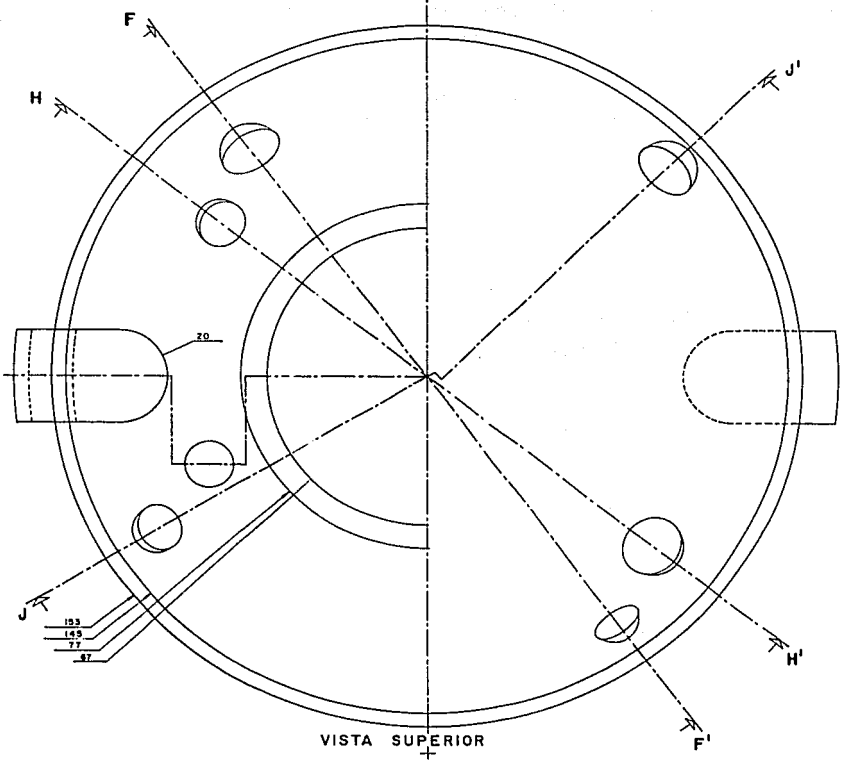
ANALISIS DEL COSTO DEL PROYECTO

concepto.....tiempo.....N\$ hora.....costo total N\$

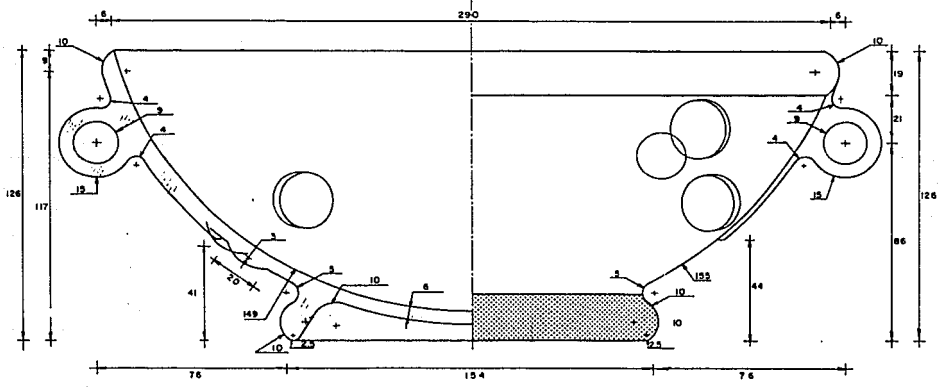
●investigacion previa gastos	20 horas	15.00	300.00 500.00
●busqueda informacion gastos	500 horas	15.00	7500.00 400.00
●creacion alternativas	20 horas	40.00	800.00
●desarrollo alternativa definitivas gastos	150 horas	40.00	6000.00 200.00
●depuracion alternativa definitiva	150 horas	40.00	6000.00
●modelo final	150 horas	40.00	2000.00

.....
N\$23700.00

(PLANOS MATERIALES Y PROCESOS)

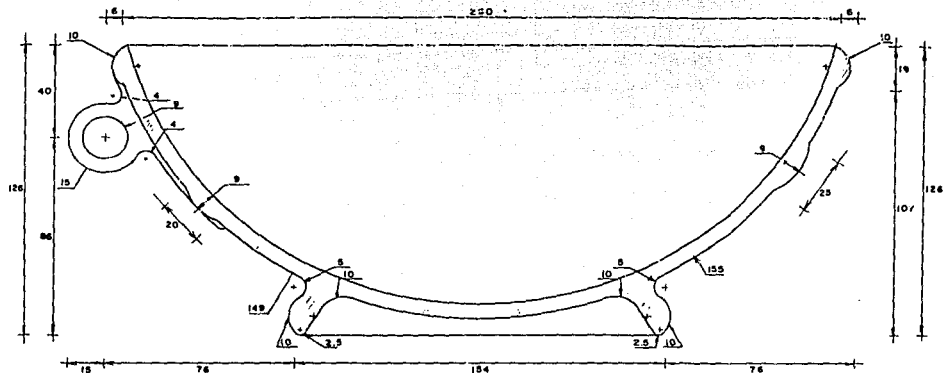


VISTA SUPERIOR

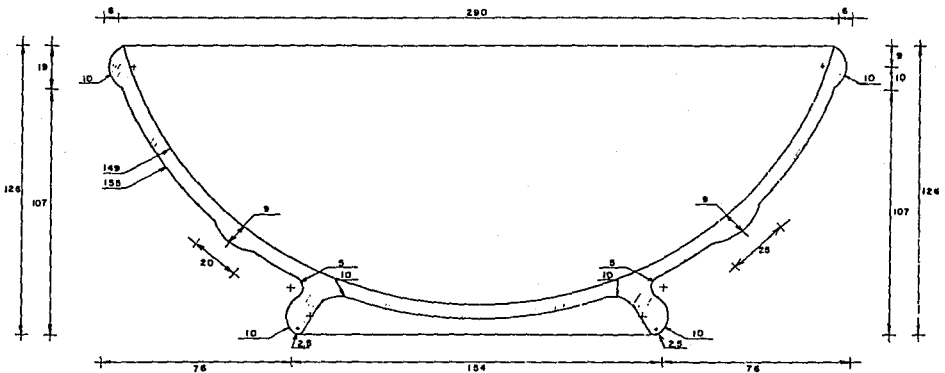


VISTA FRONTAL

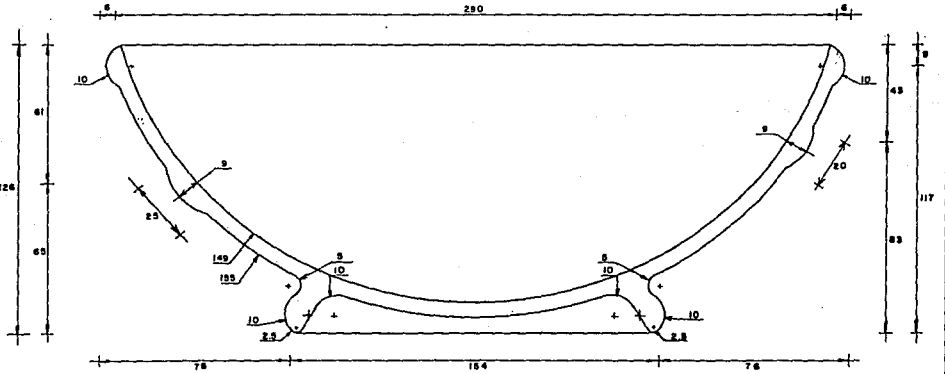
	U N A M	FECHA	LAMINA
	DISEÑO INDUSTRIAL	-1995	NUMERO
LAMINA VISTAS GENERALES DE FUENTE		ESCALA 1:1	1
NIVEL NOVENO SEMESTRE		DIBUJADO POR BRAVO MALAGON ELSA	



CORTE J-J'



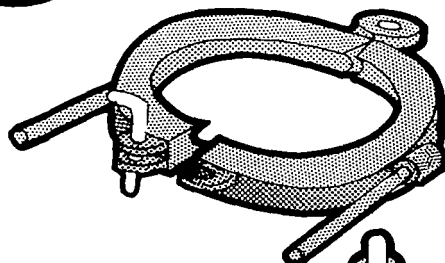
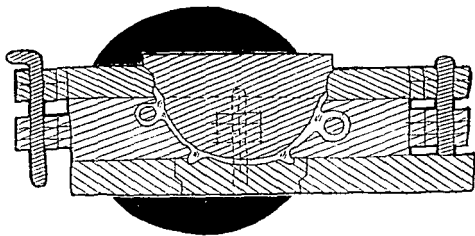
CORTE H-H'



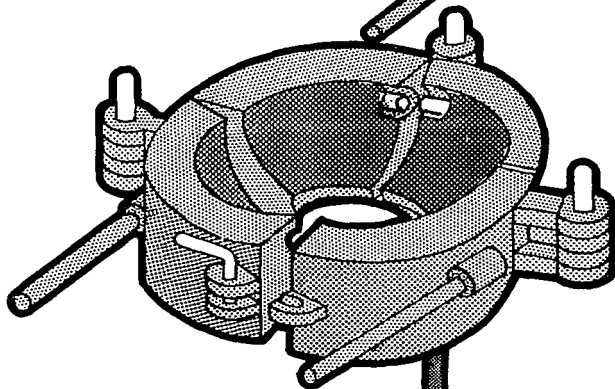
CORTE F-F'

64

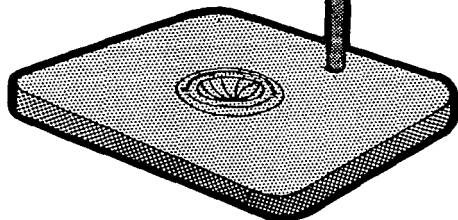
	U B I E R O N A I N D U S T R I A L M		FECHA	LAMINA
	CORTES GENERALES DE FUENTE		1933	NUMERO
NIVEL NOVENO SEMESTRE	NOMBRE BRAVO MALAGON ELSA	REVISOR	REVISOR	2



CORONA

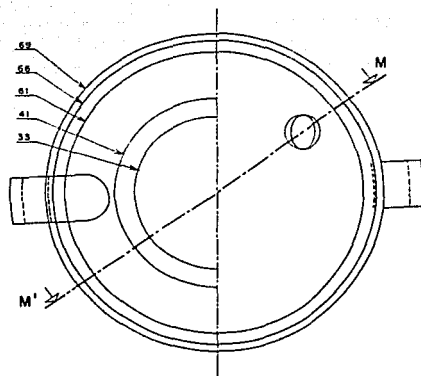


MOLDE

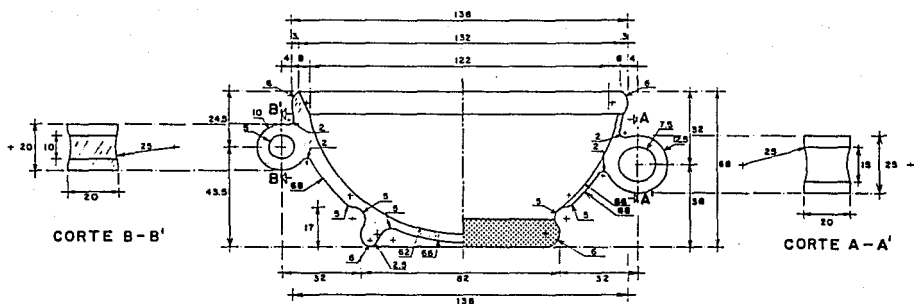


FONDO

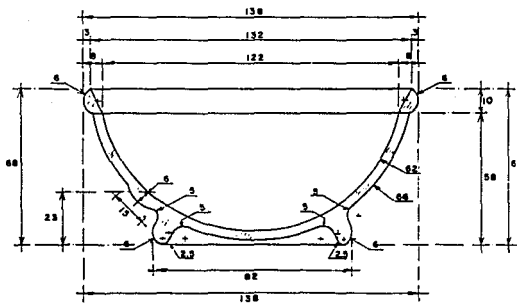
MOLDE DE ENSALADERA Y PLATO HONDO CHICO



VISTA SUPERIOR

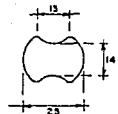
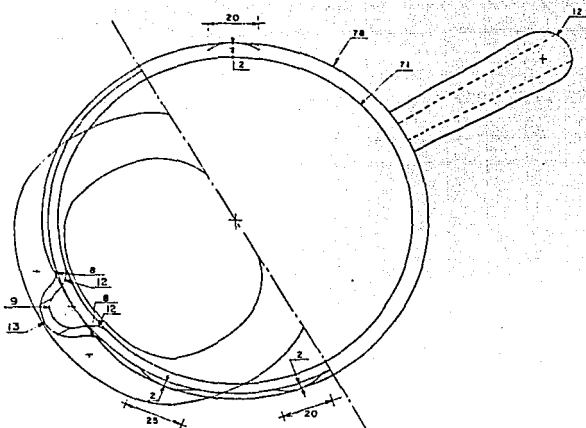


VISTA FRONTAL



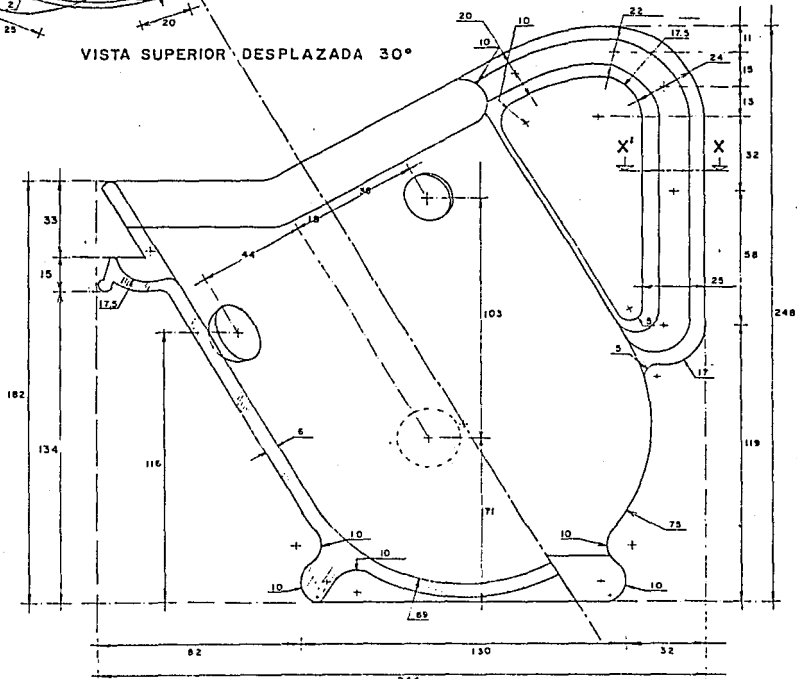
CORTE M-M'

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE MALAGA	FECHA	LAMINA
	LAMINA: VISTAS SUPERIOR, FRONTAL Y CORTE M-M' TAZON	1983	NUMERO
	NIVEL NOVENO SEMESTRE	NOMBRE BRAVO MALAGON ELSA	REVISOR	3

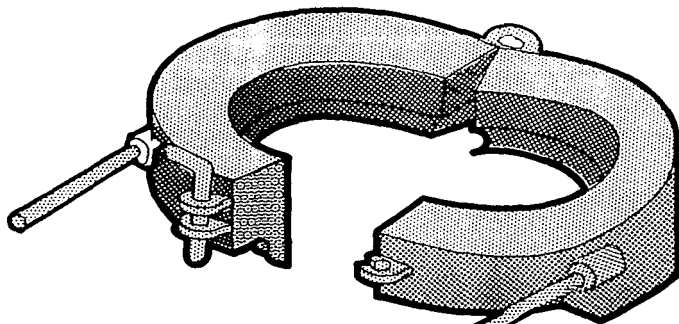


CORTE X-X¹

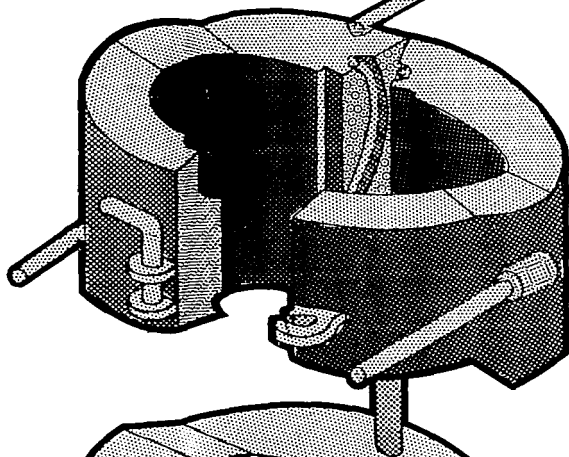
VISTA SUPERIOR DESPLAZADA 30°



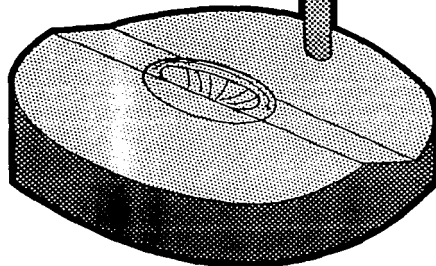
VISTA FRONTAL



CORONA

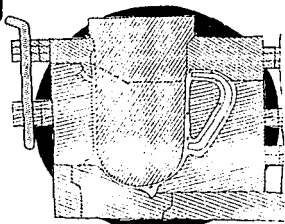


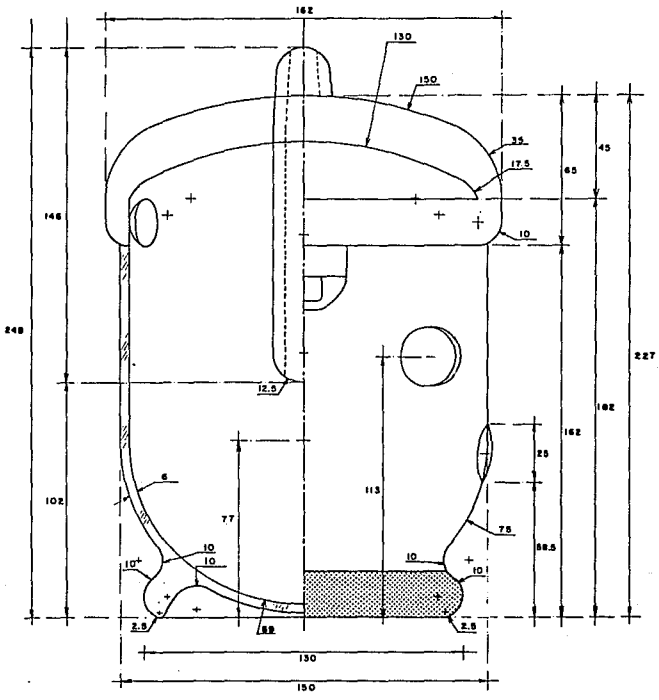
MOLDE



FONDO

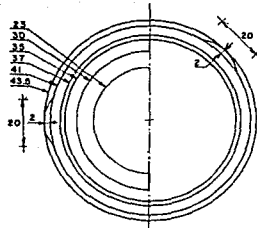
MOLDE DE JARRA



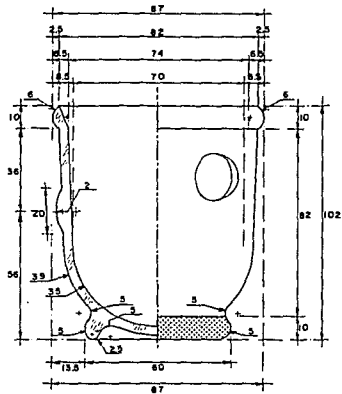


VISTA LATERAL DE JARRA

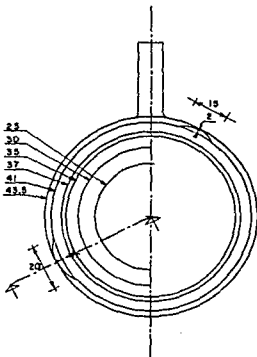
	U	N	A	M	FECHA	CAMARA
	ESCUELA N. A. INDUSTRIAL M. (1933) (1935)				ESCALA 1:1	PROY. EN MM
VISTA LATERAL DE JARRA					REVISO	5
NIVEL	SEMESTRE			NOBRE BRAVO MALAGON ELSA	REVISO	



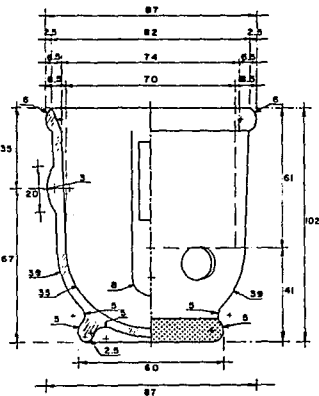
VISTA SUPERIOR VASO



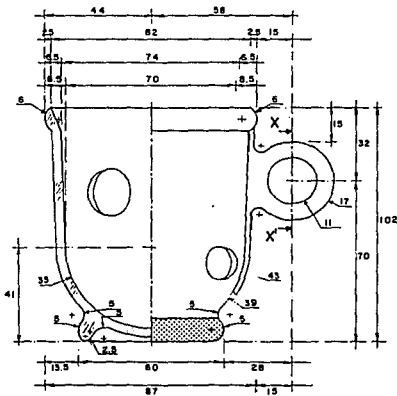
VISTA FRONTAL VASO



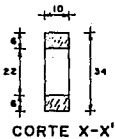
VISTA SUPERIOR TAZA



VISTA FRONTAL TAZA



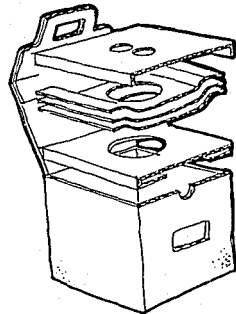
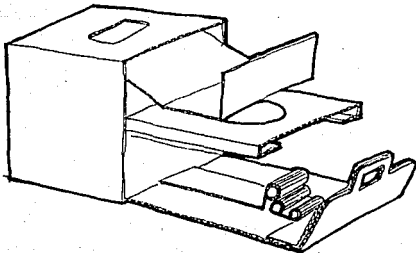
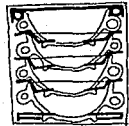
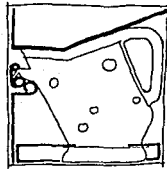
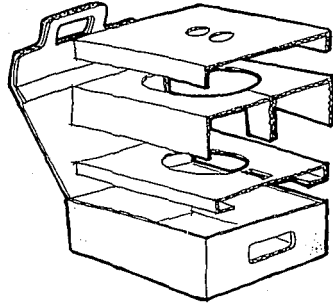
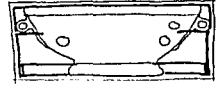
VISTA LATERAL TAZA

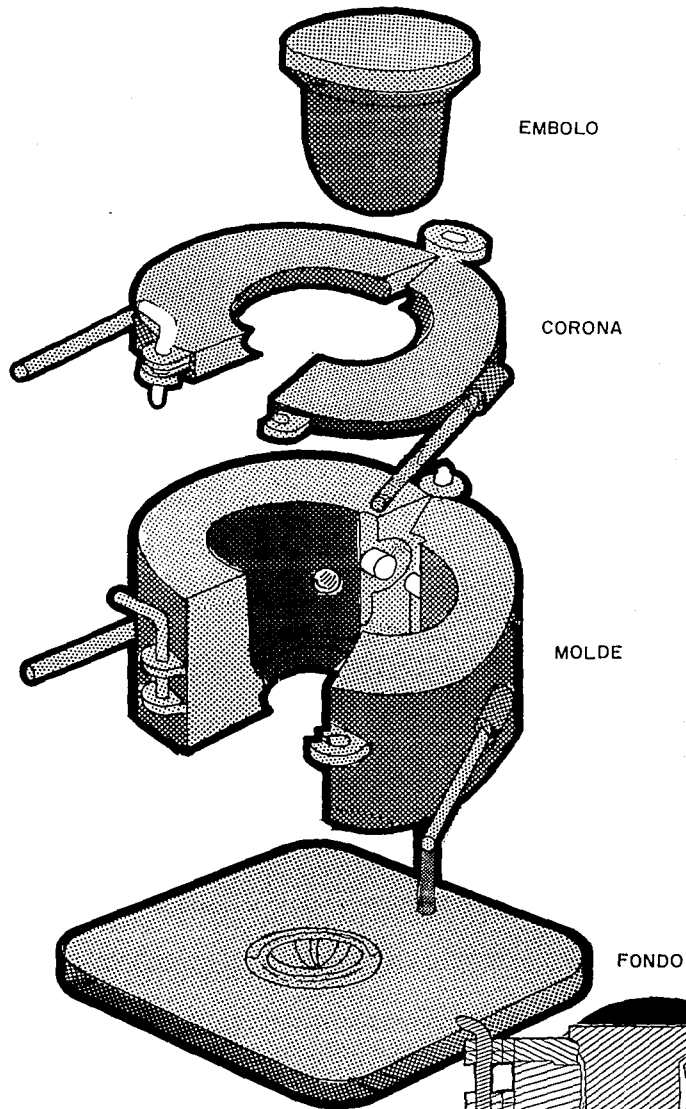


CORTE X-X'

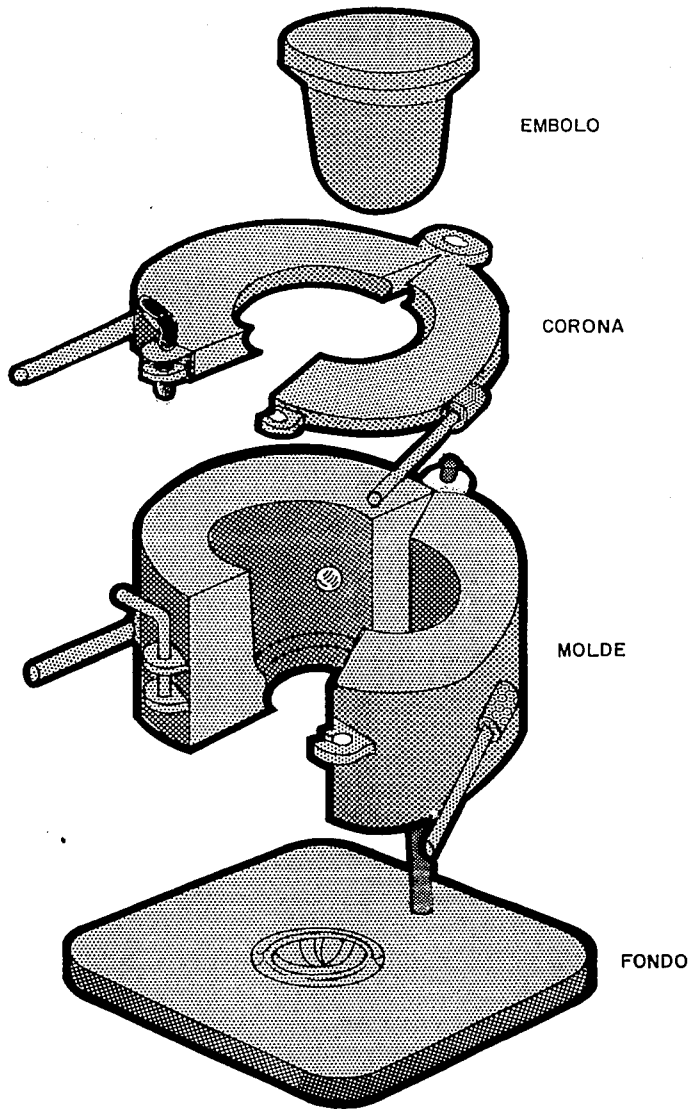
	DISEÑO INDUSTRIAL M. PÉREZ 1983		LÁMINA NÚMERO 1
	LÁMINA: VISTAS GENERALES DE VASO Y TAZA DE 300 MILÍMETROS.		
RIVEL NOVENO SEMESTRE	NOMBRE BRAVO MALAGON ELSA	FECHA 1983	REVISO 6

embalaje



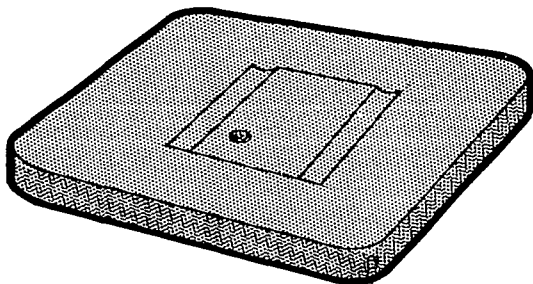
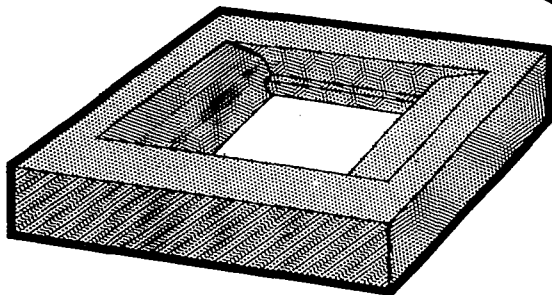
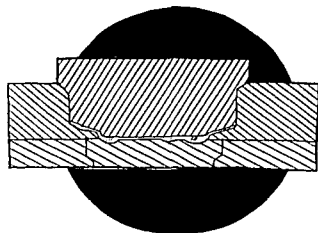
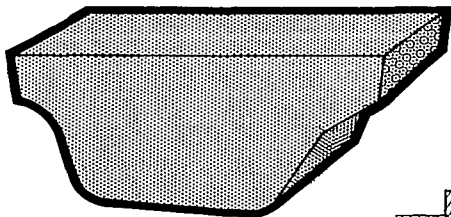


MOLDE DE TAZA

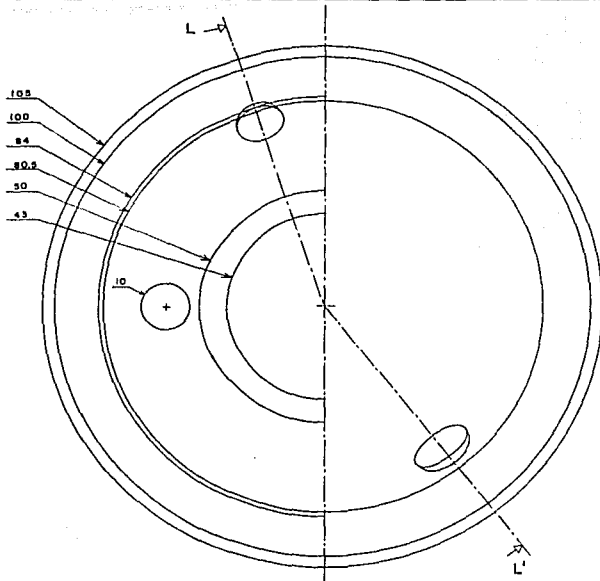


MOLDE DE VASO

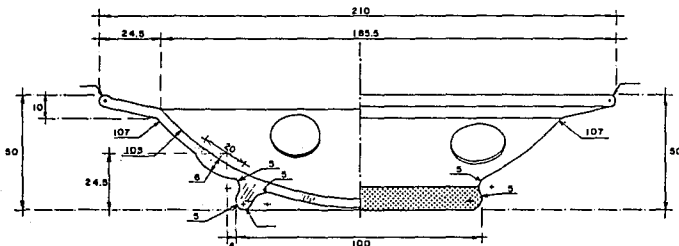
ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA



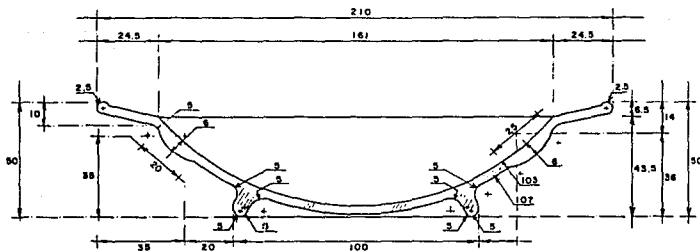
MOLDE DE PLATOS PLANOS



VISTA SUPERIOR

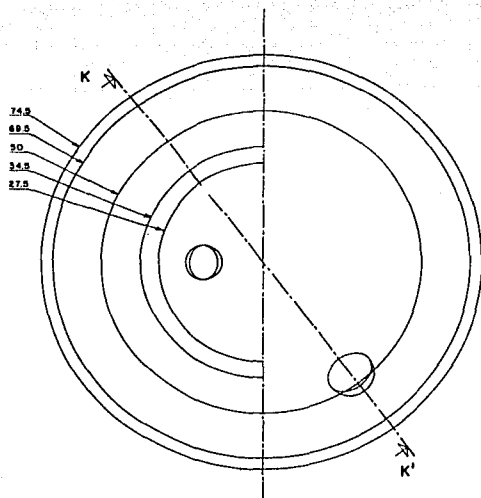


VISTA FRONTAL

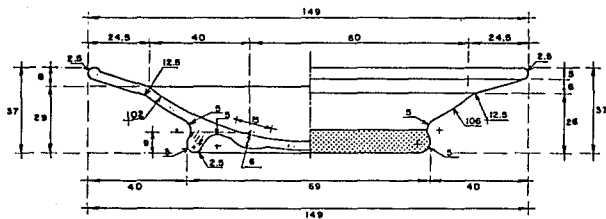


CORTE L-L'

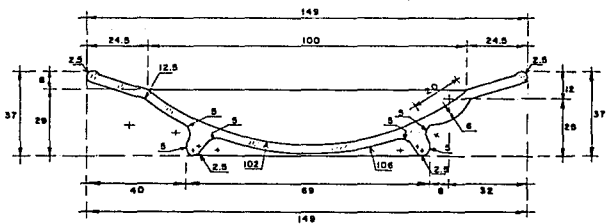
	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL	FECHA	LAMINA
	DISEÑO INDUSTRIAL	-1983	NUMERO
LAMINA VISTAS SUPERIOR, FRONTAL Y CORTE L-L' PLATO REDONDO		ESCALA 1:1	
NIVEL	NOBRE	REVISOR	
NOVENO SEMESTRE	BRAYO MALAGON ELSA	REVISO	



VISTA SUPERIOR

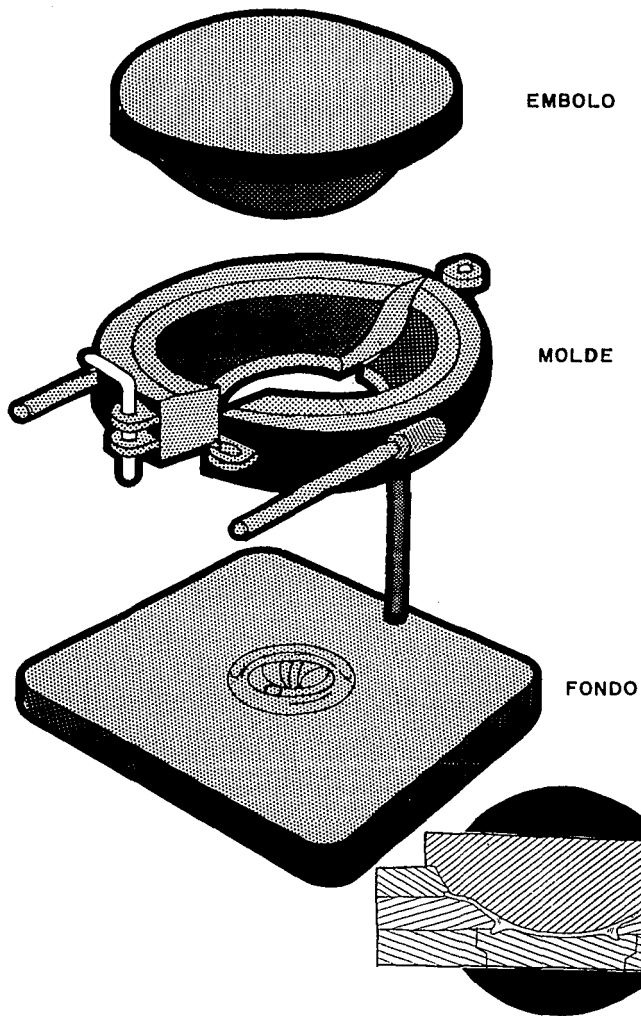


VISTA FRONTAL

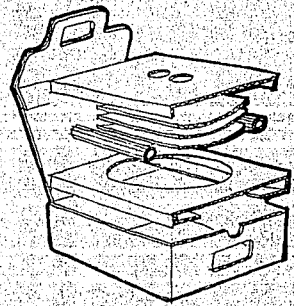
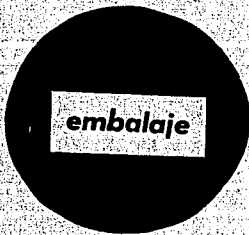
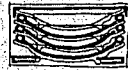
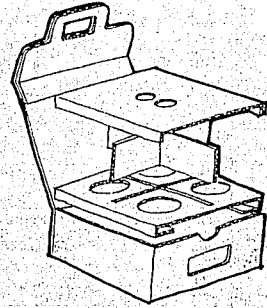
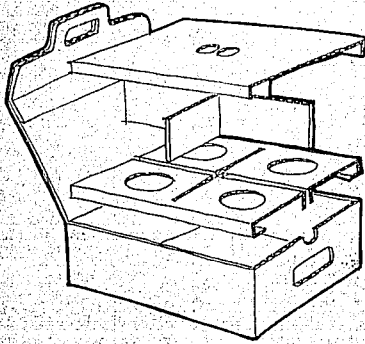
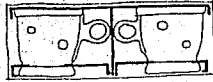
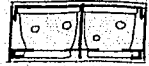


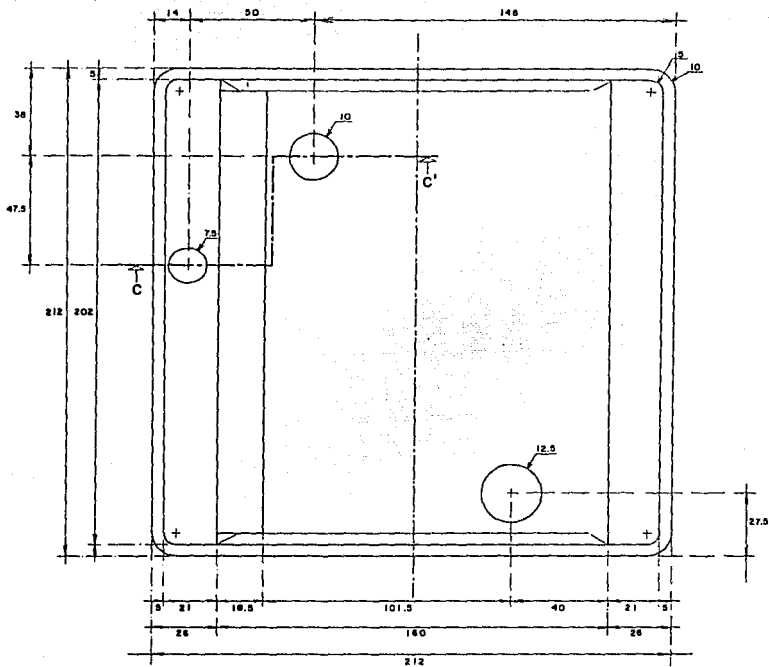
CORTE K-K'

	U N A	M	FECHA	LÁMINA
	ESCUELA INDUSTRIAL		1988	(NÚMERO)
LÁMINA: VISTAS SUPERIOR, FRONTAL Y CORTE K-K' PLATO POSTRE			ESCALA 1:1	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 30px; height: 30px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">8</div>
NIVEL NOVENO SEMESTRE		NOMBRE BRAVO MALAGON ELSA	REVISO	

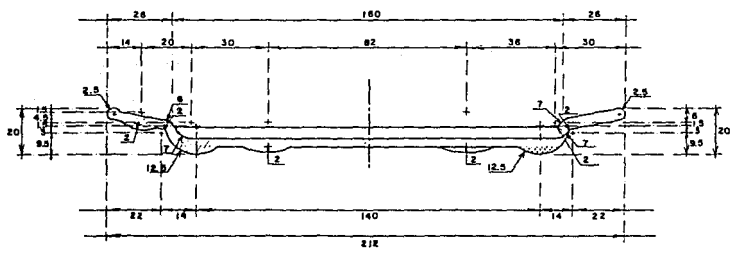


MOLDE DE PLATO POSTRE Y PLATO HONDO GRANDE





VISTA SUPERIOR



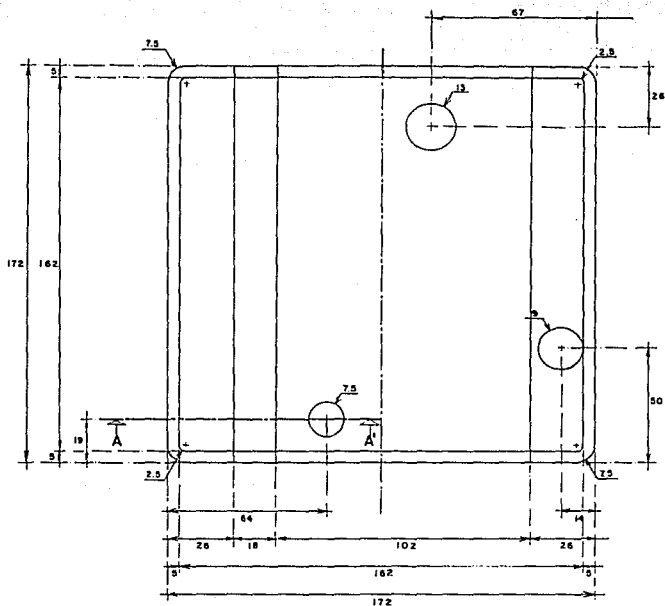
CORTE C - C'

VISTA FRONTAL

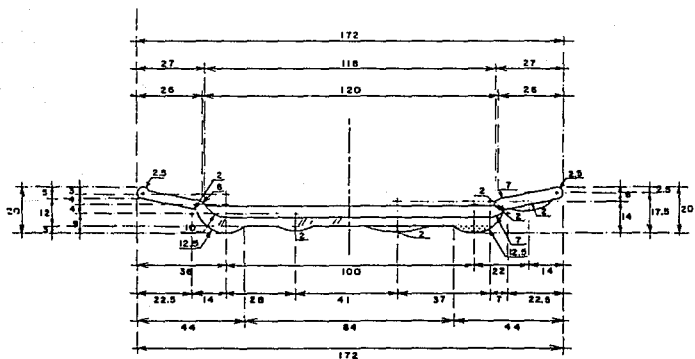
76

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE VALPARAISO	FECHA	LÁMINA
	LÁMINA VISTAS SUPERIOR, FRONTAL Y CORTE C-C' PLATO GRANDE	(195)	NUMERO
	NOVENO SEMESTRE	BRUNO MALAGON ELSA	REVISOR

9



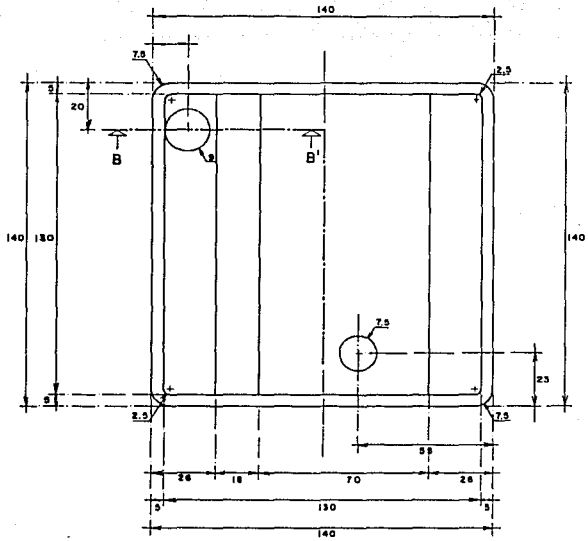
VISTA SUPERIOR



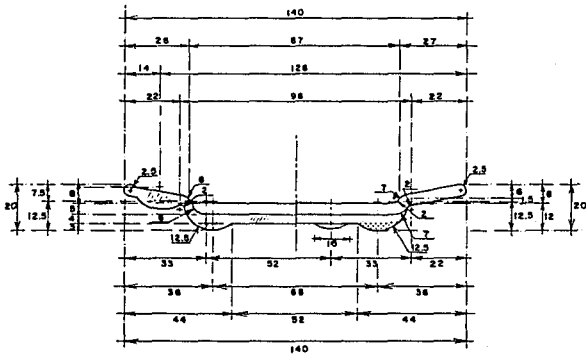
CORTE A-A'

VISTA FRONTAL

	DISEÑO INDUSTRIAL	FECHA	LÁMINA
	LÁMINA VISTAS GENERALES DE PLATO PLANO MEDIANO	1993	NÚMERO
NIVEL NOVENO SEMESTRE	TÍTULO BRAVO MALAGON ELSA	ESCALA 1:1 COPIAS 50	REVISOR
			10



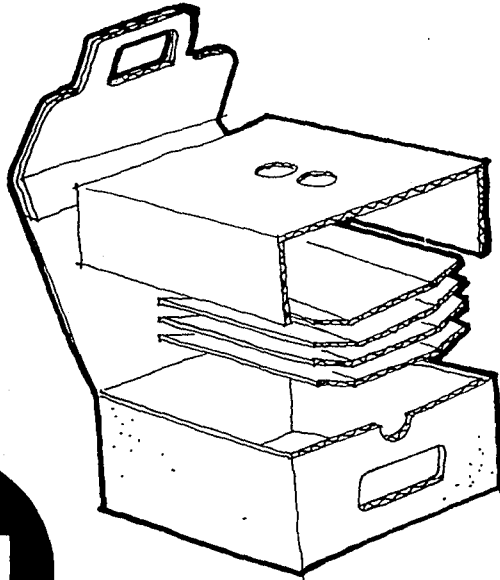
VISTA SUPERIOR



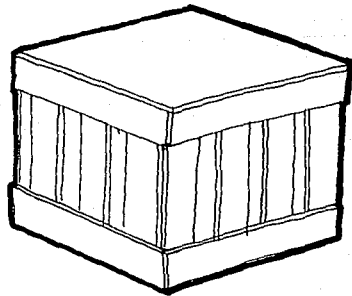
CORTE B-B'

VISTA FRONTAL

	DISEÑO INDUSTRIAL	FECHA: _____ LAMINA: _____
	LAMINA VISTAS GENERALES DE PLATO PLANO CHICO	ESCALA: 1:1 ACOT. EN MM.
NIVEL: NOVENO SEMESTRE	NOMBRE: BRAVO MALAGON ELSA	NUMERO: 11



*las cajas de cartón
se empaquetan en
huacales de madera
de 1m³*



materiales y procesos del servicio de mesa

En este proyecto se usa un vidrio sosa-cal-silíce <pag 144 >, decorado con esmaltes <pag 192 >. El proceso es el de prensado manual con molduras metálicas, <pag 169 208 >, recocido <pag 162 > y templado <pag 131 164 >.

Para empezar se saca el vidrio del horno, se prensa y se recuece. Posteriormente se decora con los esmaltes, se vuelve a recocer y después se templá. Finalmente de lava y empacka.

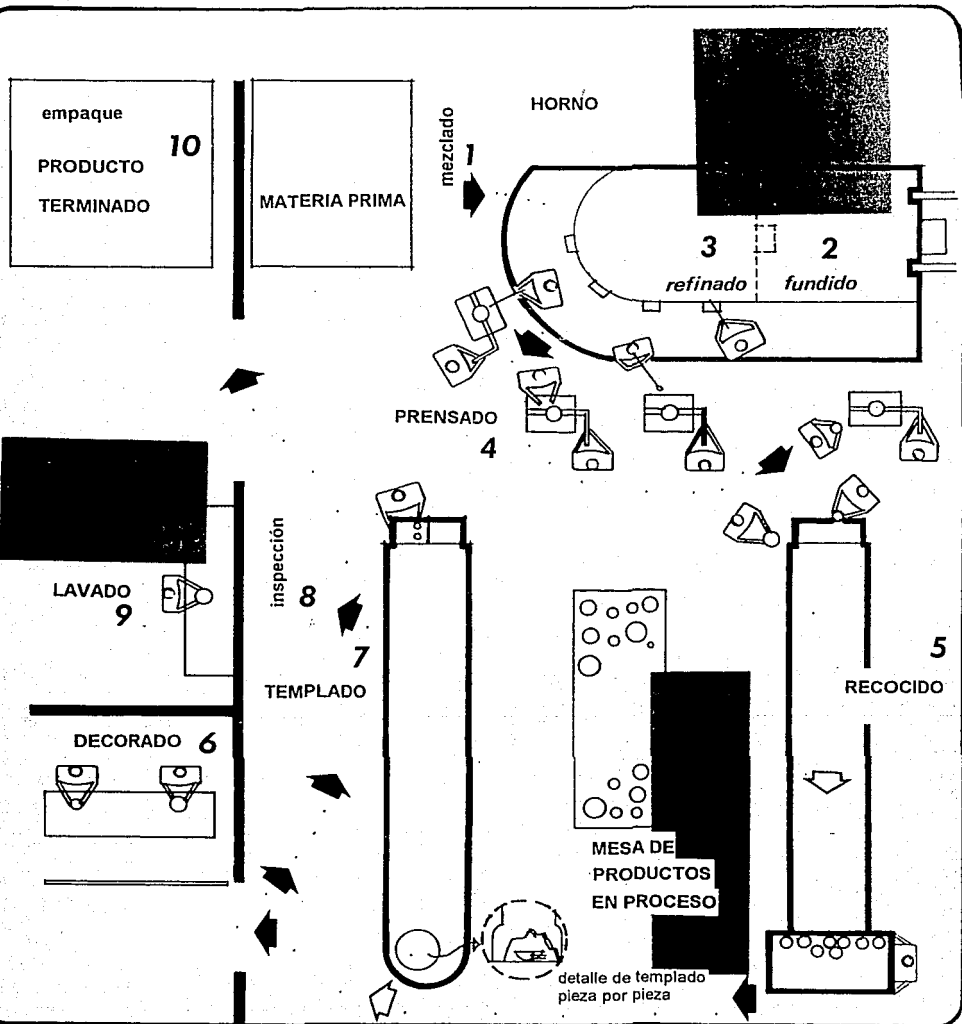
En el vidrio que nos ocupa, de fórmula < SiO_2 <arena sílica> 72 %, $\text{CO}_3 \text{Na}$ <carbonato de sodio> 15 %, $\text{CO}_3 \text{Ca}$ <carbonato de calcio> 9 %, $\text{Al}_2 \text{O}_3$ <alúmina> 2%, $\text{CO}_3 \text{Ba}$ <barita> 0.6 %, $\text{NO}_3 \text{Na}$ <nitrato de sodio> 0.4 % , As <arsénico> 0.5% , $\text{SO}_4 \text{Na}$ <sulfato de sodio> 0.5 %>, la arena sílica es la formadora del vidrio; es el óxido principal para empezar a formar la red de átomos que componen el vidrio. El siguiente componente, el carbonato de sodio se emplea como fundente, es decir que tiene como objeto iniciar la reacción formadora del vidrio con la sílice de la arena. El carbonato de calcio también es fundente pero además es muy importante porque a él se le debe el poder obtener un vidrio duro y que pueda ser usado, ya que los dos componentes anteriores por sí solos producen un vidrio soluble en el agua. La alúmina es un componente menor de este vidrio y se usa para disminuir la tendencia del vidrio a cristalizarse y para aumentar la resistencia del mismo a los agentes químicos. El carbonato de bario o barita es igualmente un componente menor pero valioso porque da al vidrio un elevado poder de refracción de la luz y ayuda a que se tenga un amplio intervalo para trabajar al vidrio, además de facilitar la clarificación o afino del vidrio. El nitrato de sodio también sirve para el afino y para oxidar al hierro presente en la arena con lo cual se hace menos evidente en el vidrio terminado. Igualmente el arsénico afina y blanquea al vidrio. Al igual que los componentes anteriores el sulfato de sodio empleado en pequeñas cantidades como se usa en este vidrio, es un buen clarificante y además elimina la espuma del vidrio de los tanques. La pedacería de vidrio es una materia prima necesaria porque esponja la mezcla acelerando la fusión, esto provocado por la expulsión de CO_2 y SO_2 , lo cual inicia una agitación que estimula la reacción de los componentes de la mezcla. La pedacería tiene la ventaja de no requerir calor adicional para que se produzcan las reacciones.

Para hacer el vidrio, primero se pesan estos componentes y se mezclan a fondo. Se tiene que buscar el punto en el que se obtenga el punto de fusión mínimo, es decir el punto en el que mezclando primero algunos componentes y después otros se fundan más rápido para formar al vidrio. Este punto se llama eutéctico.

.fusión.

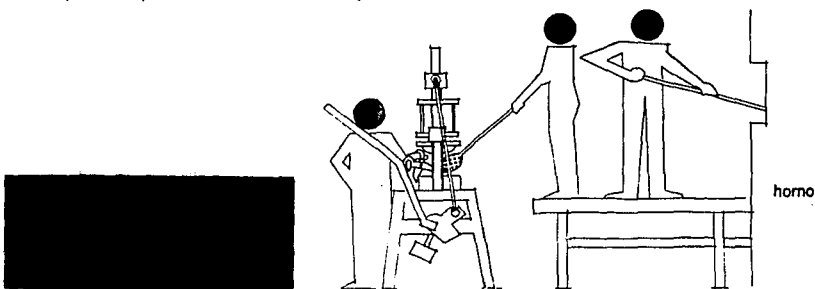
A continuación se carga el horno de cubeta continuo, que es de 4 toneladas y esta fabricado con ladrillos refractarios. Trabaja con quemadores de gas que pasan transversalmente por encima del mismo. El horno continuo tiene una pared que separa la parte destinada a la fusión y la del afino de la mezcla. La fusión se realiza a 1350 o C y el tiempo que se tardan en fundirse 500 kg por ejemplo, es de 10 horas, por lo que conviene empezar a fundir en la tarde y dejarla toda la noche para que esté lista a la mañana siguiente. El vidrio se considera fundido cuando la fusión ya no tiene granos de materia prima cruda y tiene todavía burbujas. Las impurezas de esta mezcla se elevan a la parte superior de la misma y son detenidas por la pared separadora. Así el vidrio puro fluye a través de una abertura que está en la parte inferior de esta pared. Entonces empieza el refinado en donde el vidrio se purifica, es decir que la afinación es la expulsión o reabsorción de las burbujas que se forman durante la fundición, en donde reaccionan los componentes al someterse a altas temperaturas. En la fase de afinación, las burbujas ascienden a la superficie del vidrio, lo cual se acelera al aumentar el tamaño de las mismas cuando se juntan unas con otras. El afino se efectúa a la temperatura de fundición; pero cuando ya queden muy pocas burbujas grandes se baja la temperatura a temperatura de trabajo que es de 1050 o C para artículos grandes y de 1220 o C para artículos pequeños y se mantiene así por 3 o 4 horas.

PLANTA DEL PROCESO

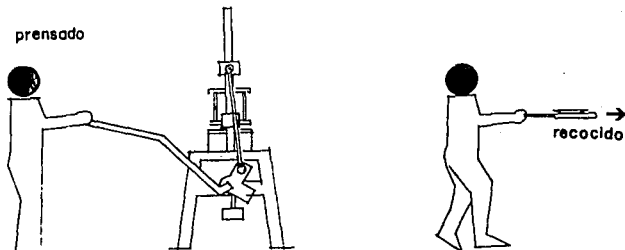


.prensado.

Ya que está refinado el vidrio, puede usarse para el siguiente paso que es el prensado. El vidrio es extraído con ayuda de una caña, a través de las aberturas en el horno que están justo arriba de la superficie del vidrio fundido. La toma de vidrio se coloca encima del molde abierto, se separa de la caña con unas tijeras y se prensa con una prensa, valga la redundancia, de 2 a 3 toneladas. Como en el prensado manual la toma no es exacta para cada vez que se prensa, hay ciertas tolerancias que son desde +25 % a +50 % para lo que es el fondo de la pieza y las tolerancias para las dimensiones exteriores de los objetos para piezas que tienen de 2.54 a 10.1 cm de diámetro o altura es de ± 0.04 cm, para las piezas que tienen de 10.1 a 20.32 cm de diámetro o altura es de ± 0.08 cm y para las piezas que tienen entre 20.32 y 30.80 cm de diámetro o altura es de ± 0.15 cm.



prensado



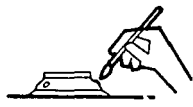
.recocido.

Inmediatamente después de prensado, el objeto es llevado al horno túnel de recocido que es calentado por gas. El propósito del recocido o destemplado es lograr que el vidrio solidifique en forma armoniosa en todo su espesor, es decir, lograr un equilibrio de tensión y compresión entre las capas externas e internas del objeto. Para recocer los objetos se colocan boca abajo en el horno sobre unas bandejas metálicas que están sobre unas cintas móviles y éstos van avanzando a lo largo del túnel cuyo interior va cambiando de temperatura en

forma decreciente. Los objetos se llevan a una temperatura de 538 o C, subiendo 11 o C por minuto. Ya que se tienen los objetos a esta temperatura se sube 5 o C más y se mantienen así por 30 minutos, pasados los cuales se empieza a bajar la temperatura a razón de 1 o C por minuto hasta llegar a 477 o C que es la temperatura de alivio de esfuerzos y es la temperatura a la cual el vidrio se considera rígido y a partir de esta temperatura bajar a razón de 2 o C por minuto hasta alcanzar 50 o C a partir de los cuales se puede bajar la temperatura a razón de 11 o C por minuto hasta alcanzar 37 o C y es cuando se considera que el vidrio y esta recocido. El tiempo de recocido es de 3 a 6 horas y el horno puede medir 21.35 m de largo por 1.52 m de ancho.

.esmaltado.

Teniéndose la pieza recocida o destemplada se procede a decorar con esmaltes inorgánicos de la marca Blythe. Esta operación se realiza a mano con pincel, para lo cual el polvo del esmalte debe estar mezclado en agua y goma arábiga. El esmalte debe ser de grano extrafino para que fluya fácilmente del pincel a la superficie a decorar. En el quemado del esmalte primero se calienta la pieza lentamente hasta que alcance 600 o C y se mantiene así por 15 minutos, pasados los cuales el esmalte pasa a formar parte del vidrio y entonces el objeto es enfriado lentamente hasta que alcance la temperatura ambiente. El proceso de enfriamiento debe realizarse como se explica en el proceso de recocido anteriormente descrito.



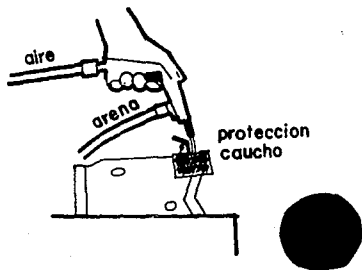
tanto en el decorado
como en el recocido
las piezas se
colocan boca
abajo

.templado.

Después de decorado el objeto se tiempla, para lo cual se toma como referencia la mitad de la temperatura de fusión <en este caso sería de 675 o C la temperatura para el templado>, que es el punto de ablandamiento del vidrio, y de esa temperatura se bajan de 20 o C a 30 o C y a esa temperatura se calientan los objetos, después de lo cual se enfrían con chorros de aire a presión a temperatura ambiente. Se enfría completamente pieza por pieza hasta que alcance 37 o C en una banda continua. Este proceso dura entre 7 y 10 minutos. El objeto de templar los artículos es hacerlos resistentes tanto al impacto como al choque térmico. Durante el templado las capas externas de las piezas quedan en compresión y las internas en tensión, en equilibrio.

Como un proceso alternativo al descrito, en lugar de recocer dos veces al vidrio en el túnel, se podría enfriar después de ser prensado, en las arcas de recocido. Ya frío se decoraría y entonces sí se realizaría el buen recocido de las piezas junto con el quemado del esmalte en el túnel y posteriormente se realizaría el templado.

La jarra de este servicio requiere de un procesamiento adicional a los de las demás piezas del servicio, que es el del barrenado del hoyo en el pico de la misma. Este corte se realiza con un chorro de arena <carburo de silicio> y aire comprimido que saliendo de una boquilla a gran velocidad elimina el material rápidamente.



(CONCLUSIONES)

CONCLUSIONES

Se concluye que se satisfizo una necesidad a través de un objeto, el cual se proyectó por medio de un proceso que estuvo bien delimitado desde un principio por el grupo objetivo y nicho de mercado. A través de este trabajo se ha visto que es posible, por las condiciones principalmente económicas de nuestro vecino del norte, exportar productos de vidrio de primera calidad, que son los que requiere el mercado estadounidense, lo cual influyó determinadamente en la creación de este servicio de vidrio.

Actualmente la mayoría de los servicios para mesa que se producen en EU son producidos automáticamente; así, se pretende impulsar el desarrollo del prensado manual de vidrio en México, aportando un diseño particular que puede ser realizado por estas empresas con algunas modificaciones <instalación de hornos de recocido y templado> en la infraestructura que tienen actualmente.

Como se puede observar, en este proyecto se pone énfasis en el rescate de nuestra tradición artesano-manual de calidad, basada ésta en nuestra historia y en nuestra geografía. Se puede decir, basados en los comentarios de las personas dedicadas a la producción de objetos de vidrio para exportación, que estos productos como el que aquí se propone tienen más éxito en el extranjero entre más marcado sea lo nacional y también lo tosco o rústico en el diseño, que es característico de este tipo de productos.

El producto, como se ve a lo largo del trabajo, compite, aparte de lo relativo que pudieran ser los juicios estéticos, económicamente con los existentes en el mercado para exportación y con los del mercado de productos importados en EU. Demás esta agregar el gran beneficio que tendrán estas pequeñas empresas al exportar estos servicios de mesa, además de la ganancia para México que representa el poder exportar cualquier producto, pues como se ha argumentado antes, esto tiene implicaciones directas e indirectas en los aspectos socio-económicos del México actual.

Esta tesis deja abierto el camino de la innovación de los procesos que actualmente existen, pues con la ayuda de la investigación científica de punta, se puede en un futuro no muy lejano, aplicar por ejemplo, los materiales fotocromáticos en artículos de uso doméstico.

Finalmente, se puede decir que este diseño responde a las necesidades físicas del hombre porque es útil y de larga vida por el material y proceso con los que se fabrica y tiene un precio adecuado para el mercado que se propone y responde a las necesidades psíquicas al aportar emoción por medio de un objeto con intenciones artísticas a través del cual se realiza el hombre a sí mismo en su propia contemplación.

BIBLIOGRAFÍA

- 1
ADVISORY COMMITTEE ON HOTELS AND RESTAURANTS , **Report to the council of industrial design on tableware** , Pub. por The council of industrial design , 1972 . <especificaciones para el diseño de vajillas> autora
- 2
ALVAREZ José R. , **Vidrio Soplado**, Ed. Porrúa, México D.F., 1960.
<historia del vidrio y manufactura en México> bib. central unam
- 3
ALBINO Lope , **Geografía del estado de Yucatán** , Librería de la viuda de Ch Bouret , México, 1920. bib. central unam
- 4
AMERICAN SOCIETY FOR METALS , **Metalic Glasses** , 1978 .
<principios y aplicaciones de los vidrios metálicos, fabricación, propiedades, características, modelos estructurales> bib. materiales del cich fac. ciencias unam
- 5
ASTM Standards Annual Book N.17 , **Refractories , Glass and other Ceramic Materials** , Carbon and Graphite products , American Society for Testing & Materials , Philadelphia, 1978.
<métodos de prueba de resistencia de materiales al ataque químico, térmico y al impacto> bib. instituto de física unam.
- 6
AUSTIN George, **Manual de Procesos Químicos en la Industria**, McGraw Hill México , 1988 .
<procesamiento de la materia prima y formado del vidrio> bib. fac. química unam.
- 7
BAILEY W. Robert , **Human performance engineering : a guide for sistem designers** , Bell Telephone Laboratories, USA , 1982 .
<ergonomía y antropometría> bib. cidi unam
- 8
BAMFORD C . , **Colour generation and control in glass** . Glass science and technology , Elsevier , England , 1977.
<materiales y procesos para colorear vidrio>
- 9
BANCOMEXT , **El mercado de Nueva York** , Grupo Edición , México 1987 .
- 10
BANCOMEXT , **Directorio de Oportunidades Comerciales** de Bancomext.
- 11
BANCOMEXT , **Boletín informativo de las principales Ferias y Exposiciones internacionales** .

12

BANCOMEXT , United States Customs Service , tomos 15 y 19 .

13

BANCOMEXT , Anuario estadístico de los EUA , Dpto. de investigación y estadísticas de los EUA , 1992 .

14

BARBOUR R. , Glassblowing for Laboratory Technicians , Pergam , Oxford.
<definición del vidrio, composiciones, tubos y barras de vidrio, técnicas, local de trabajo, soplado de objetos para laboratorio para principiantes y avanzados> bib. materiales cich fac. ciencias unam.

15

BERLYE Milton , The encyclopedia of working with glass , Ocean Publications, NY, 1968.

<historia, cortado de vidrio plano y cilíndrico, barrenado, esmerilado, grabado, decorado con esmaltes, acabado del borde, doblado del vidrio (sagging), trabajo de vidrio de laboratorio, uniones de vidrio con otros mat. procesos, tipos de vidrios, fibra de vidrio (fabricación y aplicación) , vitrales, espejos> maestro cerámica Díaz de Cossío.

16

BRAVO Helia , Las cactáceas de México , UNAM , 1937. bib. central unam.

17

COLNOT Pierre , Le verre et le ceramique dans la technique du vide , Editions Eyrolles , Paris , 1962 .

<composiciones, tipos, fabricación, formado, tratamientos térmicos, propiedades> bib. materiales del cich fac. ciencias unam.

18

CRUCES Carbajal , Lo que México aportó al mundo , 2a edición , Panorama , México 1987.

<alimentos, animales, plantas, etc> bib. central unam.

19

DANA Edward et al , 4ta edición , Tratado de Mineralogía , Cía Editorial Continental S.A. , México D.F. , 1975 .

<clasificación y características de piedras como cuarzo, etc> bib. materiales del cich fac. ciencias unam.

20

DE GALIANA MINGOT ; Pequeño Larousse Ilustrado de ciencias y técnicas , Editorial Larouse, Mexico D.F. , 1982.

21

DIAZ de C. Cora , Vajilla de cerámica de alta temperatura para fuego directo UNAM , FA , CIDI , 1985.

22

DORFLES G. et al . , El diseño industrial y su estética , 3a edición , Editorial Labor , Barcelona , 1977.

23

DORFLES G. , **Del significado a las opciones** , Ed. Lumen , Barcelona , 1975.

24

DOREMUS Robert , **Glass Science** , Willey Interscience Publication, E.U. , 1973 .

<formación de vidrio, viscosidad, propiedades, resistencia, reforzamiento> bib. posgrado ing. unam.

25

ECHANOVE Trujillo Carlos , **Enciclopedia Yucateca**, tomo 1, Gobierno de Yucatán , México D.F. , 1945 .

26

ELKUS A, **The art of painting glass**, Charles Scribner's Sons, NY, 1980.

<esmaltes y pintura de vitrales> bib. Benjamín Franklin.

27

EVANS Wendy et al , **Making Glass** , Glass Manufacturers Federation .

<definición, clasificación, características, procesos> autora

28

ESPEJEL Carlos , **Las artesanías tradicionales en México**, SEP/SETENTAS , México , 1972 .

29

FODEX , **Directorio de oferta exportable de Perú** , 1982-83 .

30

FONDO EDITORIAL de la plástica mexicana , **Lo efímero y eterno del arte mexicano** vol. 1 , México , 1977 .

31

FRANCO Torrijos Rafael , **El insólito Paisaje Mexicano** , Ed. Porrúa , México , 1987 .

32

FRANK Susan , **Glass and Archeology** , Academic Press , England , 1982 .

<definición, clasificación, historia y arqueología vidrio> bib. museo antropología

33

GARCIA Granados Rafael , **Xochimilco** , Monografías de Arte , Talleres gráficos de la Nación , México , 1934 .

34

GATEAU , **El vidrio** , España , 1976 .

<historia, manufactura, propiedades> bib. cidí y bib. nacional unam.

35

GIRAL , **Manual para el Desarrollo Transferencia y Adaptación de Tecnología Química Apropia**da , UNAM , México , 1974 .

<la industria vidriera> bib. fac. química unam.

36

GUERRERO A.F. , **Fabricación de vidrio con materias primas del país** , unam.

37

HAM Su Rosaura , **Estudio de la rugosidad y microestructura de superficies de fractura en vidrios y su posible relevancia en propiedades mecánicas** , UIA , México D.F. , 1987 .

<definición, clasificación, reforzamiento> Dr. Víctor Castaño, instituto de física unam.

38

HENRY C et al, **Administración y Gerencia de Empresas**, 2da Edición, Southwestern Publishing Co, USA, 1979. bib. museo de las ciencias unam.

39

HERO A. , **Fabricación y trabajo del vidrio** , Cia. Editorial Continental S.A. , Mex. D.F. 1956.

<definición, clasificación, constituyentes, procesos> bib. nacional unam.

40

HESKETT John , **Breve historia del diseño industrial** , Ediciones Serbal S.A. , Barcelona , 1985 .

41

IMCE, **El mercado de Los Angeles** , Talleres Gráficos de la Nación.

42

IMCE, **Cartilla para el artesano exportador**, Num. 3, IMCE, 1989.

<sugerencias para la fabricación de vidrio soplado>. Bancomext

43

IMCE, **Directorio de importadores extranjeros de artesanía mexicana**.

44

INEGI, **Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos**, 1988-1989 , Aguascalientes , 1990 .

45

INEGI, **Cuadros de producción y comportamiento**, 1983-1989.

46

JAEGER Edmund, **North American Deserts** ,Strandford University Press , USA , 1961.

47

JOURNAL of **The European glass industry** , vol :

53 n.3 mar 1975 pg. 80

52 n.10 oct 1975 pg. 6

52 n.12 dic 1975 pg. 429

52 n. 5 may 1976 pg. 150 152 154

54 n. 3 mar 1977 pg. 97

54 n. 6 jun 1977 pg. 214 217 212

55 n. 10 oct 1978 pg. 450

62 n. 2 feb 1985 pg. 58 - 61

<novedades de vidrios y procesos>

48

KING Paul, **Risking Liberation- Middle Classes**, Jonh Knox Press, E.U. , 1988.
<características de la clase media de EU> bib. centro de estudios sobre EU torre de humanidades unam.

49

LAPHAM Lewis , **Money and class in America** , Neidenfield and Nicholson, NY, 1988 .

<características de la clase media de EU> bib. centro de estudios sobre EU torre de humanidades unam.

50

LEAL G.R., **Aspectos económicos de la industria vidriera nacional**, unam.

<industrialización de la industria vidriera, ventajas de exportación, comercio exterior del vidrio, impuestos a la exportación> bib. nacional unam.

51

LEON A.C. , **Elaboración de molduras para la fabricación de botellas de vidrio en máquinas automáticas** , ipn.

52

LOBACH B. , **Diseño industrial** , GG , barcelona .

53

LOPEZ C. Gonzalo, **Notas para el estudio del vidrio en la Nueva España**, Cuadernos de Trabajo , SEP , INAH , México , 1979 .

<historia del vidrio en México> bib. museo de antropología.

54

MAC MILLAN P., **Glass Ceramics** , Academic Press , Londres y N.Y. , 1964 .

<historia vidrio cerámico, definición, propiedades, preparación, aplicación, futuro> bib. materiales del cich fac. ciencias unam.

55

MC GRATH Raymond, **Glass in Architecture and Decoration**, 2da Edición, The Architectural Press , Londres , 1961 .

<historia, propiedades, manufactura vidrio, aplicaciones vidrio plano> bib. central unam.

56

MC KEAVIN George, **American Glass**, Crown Publishers, NY, 1948.

<algunas características del vidrio soplado y prensado en moldes> bib. Benjamín Franklin.

57

MARSHALL Jo, **Glass Source Book** , Quarto Publishing , Londres, 1990.

<historia y fabricación> bib. cidí unam.

58

MARTÍNEZ P. P., **Arte popular y Artesanías artísticas de México** , SHCP , México , 1972 .

<vidrio y otras artesanías en México> bib. central unam.

59

NEWMAN Katherine, **Falling from Grace** The experience of downward mobility in the american middle class , Vintage Books , N.Y. , 1989 .

<características de la clase media de EU> bib. centro de estudios sobre EU
torre de humanidades unam

60

Nom-p-017-1973. <artículos de vidrio refractario>

Nom-p-034-1990. <artículos de vidrio empleados en el servicio de mesa o vajillas>

Nom-p-057-1978. <ataque químico del agua en un vidrio>

Nom-p-041-1975. <artículos de vidrio calibrados>

oficina de normas de tecamachalco, edo de México.

61

OUELLETTE Robert, **Automation Impacts on Industry, USA**, 1983.

<diagramas de flujo de fabricación de vidrio plano y de contenedores, mediciones de gasto de energía> bib. Benjamín Franklin.

62

PEREZ G. Ximena, **Línea de asientos de madera tropical** , UNAM , FA , CIDI
1991 .

63

periódico **La Jornada** junio 8 y 9 1991

Excélsior noviembre 1991

64

PHILLIPS Phoebe, **The encyclopedia of Glass**, Crown publishers, NY, 1981.

<historia, fundición, técnicas de: vidrio plano, botellas, pisapapeles, objetos para mesa, decoración> bib. Benjamín Franklin

65

PINCUS Alexis, **Decorating in the glass industry** , Books for Industry and glass industry , N.Y. , 1978 .

<esmerilado con ácidos y con chorro de arena, esmaltado, calcomanías, equipo para decorar, control de calidad> bib. posgrado ing. unam.

66

PINCUS Alexis, **Anneling and Strengthening in the Glass industry** , Books for Industry and Glass Industry , N.Y. , 1978 .

<recocido, expansión térmica del vidrio, hornos eléctricos, templado, reforzado químico> bib. posgrado ing. unam.

67

PINCUS Alexis, **Secondary Manufacturing in the Glass Industry** , Books for Industry and Glass Industry , N.Y. , 1978 .

<pulido, maquinado, cortado, barrenado, pulido por fuego, doblado, esmerilado, tratamientos superficiales, espejos> bib. posgrado ing. unam.

68

RAWSON Harold, **Properties and Applications of Glass**, Elsevier , Amsterdam , 1980 .

<definición vidrio, propiedades, composición, expansión térmica, absorción de radiaciones, tratamientos térmicos> bib. materiales del cich fac. ciencias unam.

69

RZEDOWSKY , **Vegetación de México** , Limusa , México , 1988 .

70

SCIENTIFIC AMERICAN, **The tea pot effect**, or why a poured liquid clings to the container. (The amateur scientist) <los porqués de que los líquidos escurran del pico de las jarras>.

Photochromic and photosensitive glasses, enero1989. <qué son, procesos y aplicaciones>.

71

SECOFI , **Cifras de Exportación Definitiva** 1990-1991 , México D.F. , 1991 .

72

SECOFI, **INFOCOMPEX**, Boletín informativo bimestral de la comisión mixta para la promoción de las exportaciones, julio-agosto 1993.

73

SALMANG Herman , **Fundamentos físico químicos del vidrio**.

<formación del vidrio, propiedades. muy químico> bib. nacional unam.

74

SHAND Errol, **Glass engineering handbook**.

<composiciones del vidrio, propiedades, duración química, recocido, uniones vidrio-metal, fundido, operaciones de formado, operaciones secundarias, tolerancias de manufactura, aplicaciones, vidrio plano, vidrio de laboratorio, óptico, vidrios especiales, fibra de vidrio> bib. posgrado ing. unam.

75

TAIT H., **Five thousands years of glass**, British Museum Press, England, 1991

<historia del vidrio y explicación de procesos de diferentes piezas antiguas>.

76

TURATI Pérez Rodrigo, **100 Diseños de Arte Mexicano**, UNAM, México D.F., 1989.

77

TERENCE F.J., **Glass in the Modern World** A study in Materials Development Maloney , Double Day Science series , Garden City, N.Y. , 1968 .

<definición del vidrio, propiedades, historia, fabricación, vidrio óptico, usos> bib. materiales del cich fac. ciencias unam.

78

ULLMANN Fritz , **Enciclopedia Química Industrial** , G.G. , 1935.

<definición, clasificación, compuestos> bib. fac. química unam.

79

ULLMANN, **Elasticity and Strength in glasses.**

<elasticidad del vidrio, fracturas, técnicas de reforzamiento, templado> bib. materiales del cich fac. ciencias unam.

80

WINNACKER , **Tecnología Química** , Tomo 2 , Ed. G.G. , Barcelona , 1975 .

<definición vidrio y características> bib. fac. química unam.

81

ZENTENO M.A., **Candelabros para exportación**, UNAM, FA, CIDI,1993.

FUENTES DE INFORMACION

- | | |
|---|--|
| . DI Ana Thiel | escultora de vidrio |
| . Dr Víctor Castaño | inv. vidrios instituto de física |
| . Dr Ernesto Cárcamo | ergónomo cidi |
| .Sr José A. Pavón | dueño fábrica de vidrio prensado de puebla |
| .Sr Saavedra | dueño fábrica de molduras para vidrio |
| .Lic Orozco | vitro, crimesa, monterrey |
| .Ing Graciano Cantú | vitro monterrey |
| .Ing Jesús González Macías | vitro, crimesa, monterrey |
| .Chef Agustín Avilés | restaurante loredo |
| .Fábrica de vidrio soplado San pedro de méxico d.f. | |
| .M. Alberto Díaz de Cossío | dueño fábrica de cerámica, coyoacán. |

.**Bibliotecas**: nacional unam , central unam , posgrado ing. unam , instituto de materiales unam , instituto de física unam , diseño industrial unam , museo de las ciencias unam, museo nacional de antropología, bib. Benjamín Franklin, politécnico de manchester in.

6
2ej

el vidrio índice

101	a. historia de la fabricación del vidrio
110	a1. industria vidriera en México
114	b. clasificación de los sólidos
123	c. propiedades físicas y químicas fortalecimiento del vidrio: templado y otros
136	d. materiales que forman el vidrio
144	e. tipos de vidrios y sus composiciones
149	f. clases de vidrios
157	g. procesamiento de la materia prima
	h. procesamiento del vidrio y sus productos
168	.....laminado
169	.....colado
170	.....prensado
172	.....soplado
174	.....prensado y soplado
174	.....fundición centrífuga
	procesos para fabricar :
176	.....fibra de vidrio
•	.....tubos
177	.....procesamiento de tubos y varillas
177	.....sinterización
178	procesos para fabricar :
	.....vidrio celular
179	.....vidrios sensibles a radiaciones
180	.....vidrio cerámico
	.....vidrios fotosensibles
	procesos :
181	.....sol-gel



	procesos :
182	.....de vidrios de colores
183	.....de vidrios de seguridad
•	.....de vidrio laminado con figuras
184	.....de vidrio con fibra de vidrio
•	.....de vidrios especiales
•	.....de vidrios con capas conductoras
•	.....preparación de películas orgánicas
185	.....tolerancias de manufactura en el diseño de vidrio
•	.....operaciones secundarias
•	.....o de acabado de los procesos en general
190	.....maquinado del vidrio
191	.....decorado del vidrio con colores
196	.....grabado del vidrio
198	.....decorado en relieve o esmerilado
199	.....esmerilado con chorro de arena

	i. procesos manuales
	..aparte del soplado y prensado..
210	.....colado con crisol
•	.....vidrio marmoleado
•	.....hojas de vidrio
211	.....pate de verre
212	.....slumping y sagging
•	: hundimiento y estiramiento :
213	.....cuerdas de vidrio
•	: stringer :
214	.....streamers
•	.....filigranas
•	.....latticinio
215	.....millefiori
•	.....canicas
216	.....glory hole
217	.....stacking
•	: apilamiento :
•	.....alambre
218	.....vidrio incrusta
•	.....vidrio triturado
•	.....esferas ballotini
•	.....chaquiras
•	.....recortes

	j. moldes
202	.....metálicos para mediana y alta producción
203	.....para objetos artesanales

historia de la fabricación del vidrio

La naturaleza fue el primer fabricante de vidrio, produciendo el vidrio volcánico natural que llamamos obsidiana; pero hablando del hombre, Nerón cuenta que unos mercaderes fenicios que acampaban en la orilla del río Belus calentaron su marmita sobre panes de carbonato de sosa nativo <natrón> y descubrieron que bajo la acción del fuego su mercancía se combinaba con la arena de la orilla para dar unas costras transparentes. La leyenda es increíble, puesto que un fuego al aire libre a duras penas alcanza 600 °C; pero la eminencia de Siria en la fabricación del vidrio en el mundo antiguo nos inclina a darles el crédito, por lo menos, de la explotación inteligente de las posibilidades del mismo.

Es probable que las pastas vítreas hayan sido descubiertas primeramente por los buscadores primitivos de cobre, ya que el sedimento de estas menas produce, bajo la acción del calor, escorias que pueden ser descritas como vidrio.

El procedimiento tradicional de la fabricación del vidrio no fue barrido por la transformación industrial, ya que las características de este material hicieron que su transformación en una industria mecánica, fuera un proceso lento. Este proceso estaba lejos de haberse completado en 1900, pero el papel que desempeñó en el crecimiento de la ciencia el vidrio perfeccionado utilizado en óptica, <sobre todo durante la revolución industrial>, hizo de esta manufactura un ejemplo de aquellas cuyo desarrollo repercutió en varios campos industriales.

El vidrio en el mundo antiguo no era transparente. Era usualmente coloreado y opaco y por lo tanto, explotado en una forma completamente diferente a la actual. Más como una pasta que podía ser trabajada como pedazos de piedra impresos o tallados.

mesopotamia y egipto

En Mesopotamia se encontraron objetos de esteatita glaseada, en donde aparecen también los objetos moldeados con corazón de arena. Los Fenicios llevaron objetos moldeados a Asia Menor, Palestina, Chipre, Siria, Grecia y Egipto.

Pero el arte de la fabricación del vidrio fue introducido probablemente en Egipto en el 1500 ac por los Sirios que tenían importantes centros de manufactura guados por los Fenicios. Los Sirios tenían la costumbre de llevarse hábiles artesanos cautivos a los lugares invadidos, aunque los egipcios ya elaboraban desde el 4000 ac cuentas de esteatita y en el 2500 ac una loza de cuarzo amasado con natrón y cocida a una temperatura de 900 °C. lo que provocaba una vitrificación superficial. Pequeños fragmentos de cuarzo, cocidos en contacto con el natrón o con cenizas de leña se recubrían parcialmente con una capa vitrificada, los cuales pueden considerarse como imitaciones de piedras preciosas. Pero la técnica de soplar el vidrio, que solemos considerar como el proceso fundamental de fabricación, era nueva, aunque estaba extendiéndose muy rápidamente a comienzos de la era cristiana. Es decir que no existía conocimiento del soplado hasta los tiempos romanos.

Los primeros objetos de vidrio se hicieron en moldes de arcilla. En tanto que artículos de mayor tamaño se hicieron puliendo o tallando vidrio como si fuese piedra.

Hacia el 1500 ac. nació la técnica de impregnación sobre núcleo y a partir de entonces dejó de ser aplicado como un barniz. Los egipcios hacían sus redomas por medio de meter un núcleo de arena, encerrado en un saquito de tela, en un cnisol de vidrio fundido. Lo hacían rodar sobre un banco de piedra hasta darle forma, quizá añadiendo bolas y anillos de vidrio de diferentes colores en el exterior para decorarlo, y luego, quitaban la arena del recipiente ya terminado, en la mejor forma posible, una vez enfriado. Tal era la técnica en el segundo milenio ac. Por el 1350 ac los egipcios tenían factorías que fabricaban vidrio en cantidad.

Los egipcios eran capaces de producir un vidrio claro que aunque no era completamente limpio, lo era lo suficiente como para poder ser coloreado. Estaba libre de plomo y boro y consistía de sílice pura de piedras de cuarzo molidas y de álcali, probablemente de cenizas de madera, y era fundido en sartenes de barro y se coloreaba por medio de disolver fritas azul o verde, o mezclando otros colores opacos. Se tomaban muestras con unas pinzas para probar el color a diferentes etapas. Toda la masa se fundía muy bien y luego se dejaba enfriar en la sartén de barro. Cuando ya estaba bien fría, se sacaba de la sartén y se le quitaba la espuma que había quedado en la parte superior de toda la masa; con esto se obtenía una masa libre de escoria. De esta masa se tomaba una bola y se calentaba hasta que tuviera una consistencia pastosa y se formaba un cilindro con la misma. Después se la hacía rodar debajo de una barra de metal que corría diagonalmente a través de ésta hasta que se reducía como una vara del tamaño de una mina de lápiz, o menos. Esta vara era entonces calentada y con ella se formaba una caña de 2 cm de ancho. Para hacer un jarrón se tomaba un mandril de cobre del tamaño del cuello de la pieza. En el extremo de éste se ponía un pedazo de pasta sílica suavizada del tamaño de la pieza a formarse, se amarraba un trapo y se ponía a cocer en el horno. Sobre este cuerpo se enrollaba una caña de vidrio hasta que todo el cuerpo estaba uniformemente cubierto. Se recalentaba por medio de meter el extremo del mandril en el interior del horno las veces que fuera necesario. Después se enrollaban varios hilos de colores alrededor del mismo y todo el cuerpo se hacía rodar una y otra vez hasta pegar todos los hilos juntos y hasta tener una superficie lisa. A continuación se le pegaban un borde, un pié y un asa. Finalmente, al estar enfriándose, se retiraba el mandril de cobre que se contraía y se podía quitar del cuello del florero, la pasta suavizada se podía sacar también del

interior y entonces el jarrón quedaba terminado. El acabado final es siempre un acabado fundido y nunca se pulía o deslustraba.

Existe otra versión de la explicación del proceso para fabricar un jarrón, y es el de un proceso que es al revés del proceso del soplado del vidrio actual. Mientras que un soplador de vidrio moderno al estar formando un florero termina la base primero, pega una vara a la base con un poco de vidrio, separa la base de la caña de soplar y termina la boca mientras sostiene el jarrón por medio del hierro que está unido a la base, se sugiere que los egipcios primero soplaban el cuerpo del jarrón, terminaban la boca y cuello, colocaban una vara de cobre en el interior del cuello ya terminado y luego separaban el cuerpo del jarrón de la caña de soplar y calentaban y cerraban la base que había quedado abierta mientras detenían la pieza por medio de la vara de cobre. También se cree que los egipcios sí fabricaban sus jarrones por medio de soplar vidrio, lo cual se perfeccionó después en los tiempos romanos. Una evidencia que soporta esta teoría es el hecho de que la mayoría de los jarrones del período 1587-1327 ac se aproximan a las formas que resultarían de manipular bolas viscosas y suaves de vidrio. Se cree que la operación final consistía en meter un embudo por medio del cual se pudieran verter rápidamente materiales refractarios. Después se enterraba en cenizas calientes y se dejaba enfriar lentamente. Los tempranos fabricantes de vidrio egipcios le dieron mucha importancia a la fabricación de cuentas de vidrio que imitaban piedras preciosas. Como resultado de esto se obtuvo el desarrollo de una muy efectiva tecnología del color. En esa región se han encontrado piezas de vidrio opaco coloreado: negro, azul oscuro, azul turquesa, violeta brillante, verde fuerte, verde hoja, amarillo brillante y rojo lacre. Junto con el crecimiento de la habilidad para el diseño cayó la calidad y cantidad de sus colores, hasta que la influencia de Roma restauró el entusiasmo en dicha industria.

Alrededor del 1200 ac los egipcios empezaron a hacer vidrio prensado y moldeado bellamente terminado por esmerilado y pulido y se pusieron a la cabeza.

Desde entonces hasta la invención del vidrio soplado, probablemente en el s III ac, el desarrollo se confinó a la elaboración minucias decorativas, posiblemente con cañas de varios colores, algunas de las cuales, de tanto estratarse se convertían en líneas de 0.2 mm.

Los fenicios de Tiro y de Sidón exportan sus vidrios a Cartago, España, la península itálica, Chipre y Rodas, y eran los que proveían a los persas. En el IV ac, ya sea sus productos o su industria, se extienden por la región de la Venecia moderna y por la actual Austria. Declina mesopotamia al final del s IV ac y los sirios florecen el Alejandría que se convirtió en la capital del vidrio. Alejandro Magno, griego, abre a Egipto el gran mercado mediterráneo y en el año 26 ac Augusto somete a Egipto y hace romana a esta ciudad.

La organización del imperio romano dio a los vidrieros de Sidón y Alejandría los mercados que hicieron de una especialidad local una gran industria, la cual no hubiera podido desarrollarse sin un nuevo invento: el soplado del vidrio, que se originó en el mediterráneo oriental, en la costa sirio- fenicia, el cual sin importar la fecha de su descubrimiento fue muy ingenioso.

Los jarrones soplados aparecen por vez primera en Italia. El arte de soplar vidrio comenzó probablemente con el soplado de vasijas dentro de moldes, y al ir aumentando la destreza, éstos finalmente se desecharon.

Para manipular el vidrio fundido con este proceso se necesitaban unos 500 °C de temperatura adicionales para llevar la mezcla a la forma líquida suficiente que los antiguos encontraban muy difícil de lograr, pero la larga experiencia con hornos que tenían los sirios los llevó a encontrar el horno adecuado.

El soplado del vidrio fue llevado a Egipto en el I ac y se usó principalmente para fabricar botellas y jarrones.

Fue una revolución lo que causó el soplado en el arte del vidrio que en comparación con los objetos de núcleo de arena, los soplados:

eran posibles de fabricar con dimensiones y capacidades veinte veces mayores.

eran más rápidos. El vidriero pudo soplar con mayor velocidad las ampollas de perfume o los balsamarios cuya fabricación exigía tanto cuidado y tiempo. Pasó a convertirse en un producto de utilización corriente tanto para el viñador como para el droguero y farmacéutico.

se podían fabricar en moldes huecos y articulados.

A medida que el valor del objeto dependía más de su forma y menos de sus colores, los vidrieros tendieron progresivamente a abandonar la policromía opaca y a restituir al vidrio su transparencia o, por lo menos, su translucidez. Esta evolución se vio frenada por una clientela que apreciaba las piezas de colores y grabadas como el vaso de Portland.

Los sirios y alejandrinos manejaban la industria del vidrio en los primeros siglos aC y dC. Los sirios fabricaban vidrio soplado liso y los alejandrinos el vidrio moldeado, cortado y generalmente decorativo. Para el primer siglo a C los alejandrinos estaban produciendo grandes cantidades de cristal cortado y grabado, filigraneado, millefiori y tenían mucho comercio con Roma. Los Sirios fueron los primeros en aplicar esmaltes, fabricaban un vidrio con un método que después se introdujo en el oeste y tuvo interesantes consecuencias, particularmente en Inglaterra en donde derivó en el vidrio Crown.

Cuando Egipto se convirtió en una provincia romana, una parte notable de su tributo se pagaba con vidrio. La manufactura se estableció en Roma y alcanzó en los primeros siglos de nuestra era, gran destreza y amplitud de aplicaciones. Los procesos más elaborados y los mejores productos de la antigüedad no experimentaron ningún perfeccionamiento substancial, casi hasta nuestros días. Los emperadores se enorgullecían de piezas únicas pero se han encontrado objetos más comunes de un metal transparente pero verdosos a causa de las arenas con hierro empleadas, estriado y lleno de burbujas a causa de un afinado imperfecto. Para ocultar estos defectos, dieron un matiz más obscuro, de ámbar con el óxido de plata, verde botella con el sesquióxido de hierro o amatista con el bióxido de manganeso. El espesor de las paredes aumenta con el tamaño y alcanza 7 mm para las botellas.

El vidrio para ventanas se hacía en moldes. Se vertía el metal en los mismos y luego se sacaba con unas pinzas. No era liso por ambas partes ya que una cara quedaba rugosa por la arena con que se hacía el molde. El tamaño de dichos vidrios no era muy grande. La composición típica de un vidrio romano es: sílice 69, carbonato 17, cal y magnesia 11, alúmina, óxido de hierro y óxido de manganeso 3.

En el año 220 la manufactura del vidrio asumió grandes proporciones. La Mayor contribución de los romanos en la elaboración del vidrio, aparte de las directas realizaciones y después la extensión de su aplicación fue la de civilizar Europa occidental y de esta forma la distribución de este arte y el incremento de su demanda. A donde iban, introduciendo el uso del vidrio especialmente en la zona de el Rhin y Galia.

Bajo la dominación romana los vidrieros celtas inventaron ciertas formas como el barrilete frontiniano, inspirado en el tonel de madera septentrional. El cuerno de beber en vidrio imita el cuerno del rumiante con el que los guerreros bebían su cerveza. Entre los francos el arte del vidrio sobrevivió por algún tiempo y después degeneró. El vidrio francés era impuro, delgado y frágil, el color casi siempre verdoso y las formas vastas y limitadas. La única excepción fue le - vaso de lágrimas - de los que hay varios ejemplares desde Inglaterra hasta Dalmacia y desde Normandía hasta Escandinavia. La Iglesia en la Edad Media prohibió entre 800 y 900 el empleo del vidrio en la celebración del culto. El vidriero volvió a ser casi: un fabricante de perlas para el tocado femenino y de piedras sin pulir para los orfebres.

En Bizancio, la actividad del vidrio prosperó y al mismo tiempo, evolucionó: se moldeaban cameos de vidrio y esmaltado. Este vidrio se caracterizaba por sus copas -sandwich de oro - adornadas con hoja de oro grabadas con motivos.

Lo que constituyó la gloria de los vidrieros griegos fue el mosaico. Hacían unos con lámina de oro o de plata, montada en sandwich entre el fondo de un cubo y una película de vidrio transparente.

No importó mucho cuando declina el imperio romano porque ya habían muchos centros vidrieros establecidos en el valle del Rhin y Rhône en el valle del Po y en Altare cerca de Genoa, pero se perdió la técnica romana mucho más rica.

Hasta los comienzos del siglo siete, el vidrio de la región Sena -Rhin estaba en manos de los Sirios y este monopolio sólo terminó con el crecimiento de los de Galia (Francia) durante el final de siglo seis y principios siglo siete.

Hubieron emigraciones de hábiles artesanos que prendieron hornos en Cumes bajo Tiberio, en Liteme, en Puzzone y en Roma. Desde allí el arte del vidrio llegó a Provenza y España, dió vuelta al Ródano hasta Lyon, luego giró a la izquierda hasta el Poitou, siguió hacia el centro en dirección de Amiens y Bélgica y y dobló a la derecha hacia el Rhin, Estrasburgo, Tréveris y Colonia que se convertirían en centros importantes en el siglo III d.C.

Palestina y Egipto, al principio dentro del ámbito de Bizancio, no tardaron en hallarse bajo el dominio árabe y el vidrio islámico heredó el patrimonio alejandrino y Sirio. Tiro, Antioquía, Alepo y Damasco se hicieron célebres por sus sopladores, sus grabadores, sus doradores y sus esmaltadores.

El vidrio Egipcio seguía disfrutando de una reputación excelente. Es probable que hornos y talleres se propagasen hacia Mesopotamia, Persia, e Irak.

Con los conquistadores musulmanes, la actividad vidriera llegó a África del norte y también a Andalucía donde se estableció en Almería. El vidrio islámico suele ser defectuoso; pero las formas son bellas. Los musulmanes eran hábiles sopladores y crearon unas proporciones, juegos de curvas y volúmenes equilibrados. La panza en forma de esfera achatada de las lámparas de mezquita se ensancha en un amplio cuello troncónico y reposa sobre un pie soplado que se amplía en forma de campana abierta. Los artistas preferían las formas puras. Se conocen varios ejemplos de vasos gruesos, moldeados y tallados a imitación del cristal de roca. Doraban y esmaltaban los objetos con elegantes arabescos y con inscripciones. Las lámparas datan de los siglos XIII y XVI. En Persia se fabricaban botellas de cuello largo, esmaltadas con escenas de caza y del juego del polo. Siná produjo vasos cilíndricos, ensanchados por arriba, decorados, y cuyo fondo plano exigía una montura de orfebrería.

venecia

En 1099 la primera cruzada fundó Jerusalén y otros principados que sobrevivieron hasta 1291. Dos siglos

fueron suficientes para que se aficionaran al arte de Oriente y para que naciera allí una vidriería sirio-franca en la que los caracteres latinos substituyeran a las letras cúficas, y la cruz y las flores de lis a los arabescos.

La instalación de los cruzados en Palestina fue acompañada por un episodio: el saqueo de Constantinopla a instigación de Venecia y para beneficio de ésta.

Venecia era ya dueña del comercio del Mediterráneo oriental, y no temía ni a Bizancio ni a los árabes y alentó a los vidrieros de Bizancio, de Antioquia, de Alejandría a abandonar sus patrias e instalarse en la laguna.

En los siglos XII y XVI, el parentesco de factura entre los vidrios orientales y los vidrios venecianos es notoria. Al parecer después de unos cuantos incendios provocado por los hornos de los vidrieros, Venecia decidió concentrar esta industria en la isla vecina de Murano, pero se trató más bien de facilitar la vigilancia de un arte que se había convertido en fuente importante de ingresos y en un semimonopolio. La organización y empresa venecianas, combinadas con las ventajas comerciales y su gran puerto marítimo así como una gran flota mercante, pronto distribuyó el vidrio de Murano en todo el mundo medieval, resultando esto en una prosperidad que promovió la continua experimentación e incremento de habilidad. Los venecianos producían cuentas, jarras de vidrio, vidrio para ventanas, lentes para gafas, lámparas para barcos y después de 1317, espejos; para los cuales el vidrio era soplado en cilindros, se cortaba, abría y se pulía sobre una mesa. Este era el antiguo método de fabricación de hojas de vidrio practicado en el área del Rhin. El vidrio para ventanas se hacía con el método de giro rápido, en el cual no tenían mucha práctica y por lo tanto eran incapaces de competir con los fabricantes de vidrio de Francia o Alemania, quienes ya habían desarrollado dos métodos eficientes para hacer vidrio plano. Venecia por otra parte monopolizaba el mercado de vidrio decorativo y estaba satisfecho con esta posición.

La vidriería italiana, con sus centros principales de Murano y Altare, debió su reputación hacia finales de la Edad Media a tres factores:

Primero, mientras que Europa del norte fabricaba su vidrio con arenas locales y álcalis derivados de cenizas vegetales, los italianos utilizaban ingredientes de fuentes más puras. Este vidrio se emparenta con el oriental, pues es un tanto ahumado preparado a base de álcalis importados de Egipto. El esmaltado en escamas, de origen islámico, fue substituido poco a poco por escenas figurativas. La familia Barovier aseguró la supremacía del vidrio veneciano en el S XV al obtener el <<crystalino>> vidrio transparente y brillante que se parece al cristal de roca y debe su belleza al empleo de productos puros, en particular a la adición de bióxido de manganeso y a la substitución de la arena con hierro por el sílex triturado y sosa.

Segundo, eran los herederos de la más refinada tradición técnica del mediterráneo.

Tercero y como consecuencia, hacían un vidrio claro y bello, adecuado para los casos más finos, mientras que en el norte de Europa continuaban centrándose sobre los vidrios de ventanas.

Por lo tanto el vidrio de Venecia eclipsaba a sus competidores. Comenzó el apogeo del vidrio veneciano, que duraría doscientos años durante los cuales el gusto y la inventiva de Murano fue copiada por Occidente. Tenían pureza y elegancia para el soplado. Manejaban muy bien la pinza para decorar. Hacían muy buenos filetes y pastillados. Hubieron innovaciones como las patas de botón, las varillas de laticinio y las imitaciones de jaspe y de calcedonia a principios del siglo XVII el vidrio escarchado mediados de éste. Este vidrio, rara vez completamente incoloro, era dorado y después esmaltado, coloreado mediante la técnica de las «cañas», o dotado de una superficie agnetada mediante su inmersión, cuando aún estaba caliente, en agua fría.

Los vidrieros de Murano hacían un vidrio rojo de buena clase añadiendo óxido de cobre a la fusión calentándola lentamente y aislándola del aire.

Los vidrieros italianos eran tan diestros que el vidrio de las ventanas y las botellas de mediados del siglo XX es casi idéntico a la mezcla que ellos habían usado para sus vidrios desde la Edad Media.

El único adorno que no se aplicaba corrientemente era el tallado; la mayor parte de el cristal era demasiado delicado para que ningún torno para tallar se pudiese utilizar antes de la segunda mitad del siglo XVII. Tal clase de cristal estaba muy de moda en el extranjero, y los vidrieros italianos se vieron con el tiempo animados a emigrar a despecho de los castigos ya que celosa de sus secretos y deseosa de evitar difusión Venecia amenazaba a los artesanos y los que cedían eran encarcelados y ejecutados. Con todo en el tercer cuarto del siglo XVI su arte se había difundido a través de Europa hasta Suecia e Inglaterra. Otro ejemplo es el de Altare, Nevers, Lyon, Nantes, Paris, Orleans, Rouen y Lieja. A los vidrieros de Murano se les encuentra en la misma época en todas las tierra católicas en Amberes, en Maestricht, en Londres, en el Tirol, en Viena, en Munich en Cassel, en Nuremberg en España y en Portugal. Se llevaban al extranjero las formas, las recetas y las habilidades manuales de Murano, pero al propio tiempo, la inventiva se innovizaba y esterilizaba. Así es muy difícil distinguir un vaso fabricado en Londres de su semejante modelado en Nancy.

Francia

La vidriería franca sobrevivía a duras penas en los bosques y se contentaba con los restos que desperdiciaban

los artistas venecianos, con piezas tales como los orinales para los urólogos, los bicales y redomas para boticarios, los frascos, cántaros y vasos que los mercaderes paseaban de feria en feria para venderlos a los campesinos, y con las piezas grandes para vidrieros.

Con el tiempo Francia llegó a tener independencia y esto los llevó a manufacturarles vidrio a otros países, especialmente después de la persecución religiosa a Inglaterra con valiosas consecuencias para la industria del vidrio de este país. La expansión industrial y por consiguiente el abaratamiento del vidrio en el siglo XVII, se le debe a los Franceses y particularmente a los fabricantes de Lorena y Normandía. La otra contribución de los franceses a la fabricación del vidrio fue la invención de la manufactura de vidrio plano por medio de el coulage. Un proceso mediante el cual el vidrio era vertido dentro de marcos, se extendía por medio de rodillo y subsecuentemente frotado y pulido.

países bajos

En los países bajos, el grabado al diamante triunfó en el siglo XVII y en el siglo XVIII se perfeccionó el grabado punteado

alemania

En Lorena y Alemania se originaron diversos modelos de <<vidrio de bosque>>: vidrio erizo, vidrio de tronco de col, estrechas varas cilíndricas y jarras cilíndricas anchas para degustaciones en conjunto. Estas piezas se caracterizan por su gran capacidad y por su vidrio verde a base de polasa y de arena con hierro, decoradas con pastillaje. Al principio estos objetos fueron de uso popular; pero poco a poco el esmaltado en Alemania. el dorado en Bohemia y el grabado a la muela permitió que el vidrio alemán triunfase sobre Venecia. En Praga, se tuvo la idea de aplicar al vidrio, a partir de 1605, la técnica de tallar el cristal de roca.

Los tornos de grabar fueron instalados en Bohemia y en Silesia, para aprovechar la fuerza motriz de los torrentes. Se pudo satisfacer la amplia demanda gracias a el uso de una serie de moletas de cobre, sobre las que goteaban una mezcla de aceite y abrasivo. Su éxito estuvo aliado con el perfeccionamiento de la fórmula del vidrio. A finales del siglo XVII, los vidrieros de Bohemia aumentaron la cantidad de cal y así obtuvieron un vidrio sopiable más espeso sin temor a que se quebrase al enfriarse y más resistente al ataque de las muelas de todos los tamaños. Comenzó entonces la gran época de la talla y del grabado, la moda del vidrio pesado con facetas, adornado con alfileres y entallas. Herederos de los miniaturistas, los artistas Bohemios multiplicaron en el siglo XVIII los ornamentos, sobre espacios minúsculos. En el siglo XVII los grabadores tenían también vidrio rubí y vidrio azul denso. Sobre estos soportes, el grabado de estilo rococó multiplicó los entrelazados y las escenas mitológicas. Hesse y Sajonia se unieron a estos progresos y los venecianos, limitados por el vidrio de sosa soplado y al trabajo con pinza, contemplaron el éxito de estos rivales. Era Alemania la que entonces dictaba la moda. Venecia en plena decadencia, trató de adaptarse dentro de lo posible y de transformar su producción. Entre 1737 y 1770, hicieron vidrios tallados al estilo de Bohemia, para hacer frente a la competencia extranjera. Aumentaron de nuevo el espesor de los vidrios para poder hacer incisiones más profundas. Toda Europa se entregó al vidrio de Bohemia: Suecia, Francia, España, pero apenas vencedor, el vidrio alemán iba a ser destronado por el vidrio inglés.

El método alemán y de Lorena para hacer vidrio plano fue el de cilindro y crown. Para el método del cilindro, primero se tomaba una bola de vidrio y se ponía en el extremo de una caña para soplar y se formaba una esfera con éste. Por medio de oscilar la caña para adelante y para atrás, se alargaba esta esfera y se formaba un cilindro irregular cuyo extremo era un domo y disminuía en ancho conforme se acercaba al extremo de la caña. Entonces se abría el domo y se hacía una abertura tan grande como el diámetro del cilindro y se pedizcaba a lo largo en forma de 8 para proveer un agarre al puntel. Ya que se tenía detenido por este lado, se separaba la caña del otro extremo y se habría como el otro extremo. Después se quitaba el puntel y se abría el ocho. Finalmente el cilindro se recalentaba, se cortaba a lo largo con unas tijeras y se aplanaba en el horno. La superficie se alisaba con un bloque de madera que estaba en el extremo de una barra de hierro.

El método de crown es el mismo principio de los grandes platos llanos de Sidón y Siria. Para hacer el vidrio crown el proceso consiste en tomar una adecuada cantidad de vidrio que después se sopla y se forma un globo de un tamaño adecuado. El globo se transfiere al puntel, se recalienta y se le da vueltas con la suficiente velocidad para que el hoyo dejado por la caña al ser retirada, crezca y convertir el globo en un disco con uniformidad en su espesor, excepto en el centro en donde se pone el puntel y en donde se forma el ojo de buey. El vidrio crown era mucho más delgado que el cilindrado tenía mayor uniformidad en su espesor y con un brillo de mayor calidad pero era ligeramente curvado y desfigurado por el ojo. El vidrio crown normando era de los más puros.

inglaterra

A mediados del siglo XVI se establecieron vidrieros en Alford, Surrey y Londres dió albergue a venecianos, los cuales importaron a Gran Bretaña la técnica del vidrio a la sosa e hicieron venir su «color azul de Alicante», donde se le extrala de la barrilla. Los lorenses eran verdaderos colonos en el país y la extensión de su influencia en la

industria puede ser por los franceses, de los que sacaron todos los términos usados en la industria vidriera. Expertos franceses continuaron llendo a Inglaterra a intervalos en los siguientes 100 años.

A Sir Robert Mansell se le conoce como el padre de la fabricación Inglesa del vidrio. Como era almirante de la flota inglesa, tuvo influencias en la Proclamación Real que prohibía el uso de madera en los hornos. De ahí nació el desarrollo de los hornos de carbón, provistos de una parrilla de barras de hierro, con los que se pudieron alcanzar unas temperaturas más altas que con los de madera. Ello a su vez debió ser la causa del uso del crisol cerrado, ya que las mezclas de sulfuros y el hollín del carbón podían decolorar el vidrio. Hacia el siglo XVIII era común en Inglaterra el horno cónico para vidrio, cuyos méritos fueron reconocidos por los enciclopedistas franceses pues conducía todas las corrientes de aire en un solo movimiento ascendente, lo cual proporcionaba un suministro de calor uniforme y económico. Pero el horno alemán, continuaba siendo el tipo más común en todas partes. Contaba con una única boca para atizar el fuego: un piso encima, donde el cristal se fundía en crisoles de blanquizal y una cámara más fresca arriba del todo, donde se templaban los objetos.

En el siglo XVII la Glass-sellers Company monopolizaba al vidrio. Esta sociedad encargaba a Venecia cargamentos enteros de vidrio y la producción se orientó hacia un vidrio más grueso, imitación del cristal de roca. En 1672, George Ravenscroft, al servicio de la Glass-sellers Company, inventó y patentó el flint-glass o vidrio de sílex. Una mezcla de sílice punvenizada y de potasa. Hasta aquí, nada hay de original en ello, salvo el abandono de la sosa en provecho de la potasa de tipo bohemio. Añadió un fundente casi inusitado hasta entonces, una pequeña cantidad de óxido de plomo. Incluso cuando se volvió a la arena para obtener sílice, este vidrio siguió llamándose flint-glass, y esto es ya lo que denominamos <<cristal>>. La innovación estuvo a punto de llevar a la catástrofe, pues a causa de unas dosificaciones inciertas, los vidrios al plomo se agrietaban y parecían descomponerse sobre su pie. Tras dos años de tanteos, se consiguió una fórmula satisfactoria, pero sin advertir las posibilidades estéticas originales de su vidrio. Ignoró los recursos luminosos de éste y se contentó con imitar los modelos venecianos con sus delgadas paredes, y con aplicar orgulosamente a sus productos su sello en forma de cabeza de cuervo. Poco a poco, sin embargo se aumentó la cantidad de plomo. Fue purificado el vidrio con bióxido de manganeso, y se consiguió un cristal más limpio y pesado que se empezó a exportar hacia el continente, donde los grabadores holandeses y alemanes lo apreciaron mucho.

En el siglo XVIII las modas alemanas y en particular la talla y el grabado penetraron en Inglaterra. Durante estos años el vidrio inglés es célebre, sobre todo por su producción de vasos de pie, en cristal grueso, generalmente transparente, pero a veces topacio o esmeralda, producción que fue considerable.

A mediados del siglo, se suprimió el cerco de los pies y, durante unos diez años, la pata, convertida en tubular, se adornó con delicadas espirales de aire incluidas en el vidrio, o con incisiones en espiral en la superficie. Después las diversas variantes de filigrana blanco de leche substituyeron a las espirales de aire.

Algunas de estas copas fueron esmaltadas, pero lo más frecuente es que estén grabadas con racimos y hojas de vna, lúpulo y espigas de cebada. El grabado Inglés se distinguió también por sus famosos vasos jacobitas y willamitas con emblemas.

A partir de 1750, el cristal invadió todos los dominios de la decoración.

La talla del vidrio a mano era una operación de alta maestría, en la cual Inglaterra gozó de una gran reputación gracias a la calidad del cristal. Los dibujos, que eran principalmente geométricos se tallaban con una muela de hierro alimentada con arena. El vidrio era bruñido después en otra muela de fina arenisca alimentada con agua y rebuñido en una tercera muela de madera alimentada con agua y óxido de estaño. El grabado era utilizado para las piezas más finas, con dibujos más libres efectuados con unos pequeños discos de cobre rotatorios. Estos discos eran más pequeños que las muelas usadas para la talla, y el trazado de un solo dibujo delicado podía requerir la utilización de cincuenta de ellos, de diámetros que oscilaban entre 3 y 100 mm.

La apañación en 1745 de un impuesto calculado sobre el peso frenó este impulso, al obligar a los vidrieros a reducir la cantidad de plomo en su metal, pero los ingleses burlaron al fisco mediante el traslado de sus cristalerías a Irlanda, donde el citado impuesto no era aplicable.

Entre 1750 y 1850 se produjeron importantes adelantos en la coloración del vidrio. Las botellas eran todavía principalmente de color negro o verde muy oscuro, a causa del hierro y otras impurezas en las materias primas utilizadas. El vidrio para servicios de mesa corrientes por el contrario, estaba hecho con materiales más puros, a fin de que resultara virtualmente incoloro. Pero los colores artificiales eran cada vez más solicitados para diversos fines, que iban desde las ventanas con vidrios de colores hasta otros muchos.

Producía también en el siglo XIX un vidrio blanco, azul o verde esmaltado. Europa a partir de 1780 se dedicó a imitar el cristal inglés. El bloqueo continental decretado por Napoleón no impidió que el estilo imperio asegurase el triunfo del cristal a la inglesa.

Para 1696 ya habían 90 fábricas de vidrio en Inglaterra y Gales que hacían cristal, flint glass, vidrio verde para botellas, vidrio para ventanas y vidrio plano y de estas fábricas 26 estaban en Londres o cerca de éste. Se hacía vidrio para venlanas era fabricado por el método crown o de cilindro. El metodo del moldeo se introdujo en Inglaterra hasta 1773. Para este entonces el vidrio crown para ventanas estaba en ascendencia.

En Inglaterra en 1800, era todavía de uso corriente para las ventanas este último tipo de vidrio: lámina de vidrio

clara, fina y redonda, con el ojo de buey o corona en el centro.

Este vidrio tenía muchas virtudes, la principal de ellas era su extrema brillantez, por el efecto de las llamas del horno y también debido al hecho de que no entraba en contacto con ninguna superficie durante su manipulación. Hasta 1832 en que se perfeccionó y año en que se introdujo en Inglaterra el vidrio cilíndrico, este último debió de haber tenido suficientes defectos como para competir con el crown.

El sistema para fabricar láminas de vidrio por medio del cilindro aventajaba al de crown aunque requería cinco tipos de trabajadores especializados, resultaba más barato, producía mejores láminas y éstas se veían libres de defectos en el centro. El perfeccionamiento de este método consistió en soplar el cilindro más largo que como se acostumbraba, dejándolo enfriar antes de partirse y cortándolo con un diamante en lugar de cortarlo con tijeras, recalentándolo en un horno especialmente construido para tal efecto. Estos últimos cilindros medían ya 2 metros de largo por 0.50 m de diámetro y con éstos se suministró el vidrio para el palacio de cristal en 1851

En 1839 se inventó un procedimiento por el cual las láminas podían ser desbastadas y bruñidas como vidrio plano pulido: este procedimiento implicaba la eliminación de las irregularidades de la superficie mientras la lámina era suavizada después del estirado al ser extendida sobre un lecho de cuero humedecido, colocado sobre pizarra, al que se adhería por succión. Este nuevo vidrio plano era exactamente lo que se quería para las ventanas de las diligencias, para pinturas y grabados, espejos ornamentales y más tarde para placas fotográficas. En estos años el vidrio pulido era extraordinariamente caro.

La fabricación de vidrio plano colado fue introducida en Inglaterra desde el norte de Francia en 1773. El procedimiento tenía la enorme ventaja de que las láminas coladas podían medir entonces 4 por 2 metros, frente al máximo de 1 por 0.75 metros de las láminas fabricadas con el viejo procedimiento del soplado. La mezcla incluía un 25 por ciento de lámina de vidrio rolo: se preparaba para su uso por fritado, procedimiento que proporcionaba una mezcla uniforme parecida al engrudo, y se fundía en crisoles situados en un horno de alta temperatura. La colada se hacía originalmente sobre una plancha de cobre, pero en la década de 1840 ésta fue substituida por una plancha de hierro colado. En 1789 fue utilizada para los procesos de desbaste y bruñido una máquina de vapor de Boulton y Watt. El instrumento para desbastar era una lámina de vidrio, fijada a un tablón y a una muela horizontal, que se movía libremente sobre la superficie de la lámina después de que ésta hubiera sido enlucida con cal o estuco sobre una mesa de piedra equipada con un cerco para retener el agua y la arena que formaba el material desbastador.

El bruñido se hacía con un rodillo de fieltro montado sobre un arco de madera, usando piedra de tripoli finalmente pulverizada o esmenlada.

En 1847 en Sunderland, se hicieron hojas de vidrio colado por medio de vaciar el vidrio directamente de la olla de fundición en los moldes, en lugar de vaciarlo por medio de la cubeta de refinamiento. Así se podía limitar al vidrio al tamaño que se quisiera y se pudo hacer vidrio de 6 mm de espesor.

Después Chances desarrolló un método para hacer vidrio plano entre dos rollos, dando con esto una superficie brillante al reverso de la lámina, en lugar de una superficie opaca.

El vidrio fundido se vertía sobre una plancha inclinada, se pasaba entre un par de rodillos y después se desbastaba y pulía.

Tanto en este caso como en los recipientes de vidrio, la mecanización dependía del perfeccionamiento de los hornos. Los que estaban en funcionamiento hasta 1850 se encendían directamente y consumían mucho combustible; pero en la década de 1860, fue aplicado a la fabricación de vidrio el horno de vidrio el horno de regeneración. Los hornos de gas del nuevo tipo producían una temperatura mucho más alta que entre otras ventajas facilitaba la disipación de las burbujas de aire, pero en consecuencia reducía la vida de los tradicionales crisoles de arcilla refractaria. El resultado fue su substitución por hornos de cubeta, utilizados al principio para contener sólo la cantidad de vidrio fundido necesaria para el trabajo de cada día, pero más tarde para suministrar un continuo flujo de vidrio, con la hornada en fundición en un extremo y emergiendo en el otro afinada y lista para ser trabajada. Este sistema fue introducido en Inglaterra alrededor de 1872, pero no antes de 1888 en América, donde el combustible era generalmente más barato y las fábricas de vidrio más pequeñas.

Por entonces se produjo un cambio en la política fiscal británica un cambio que hizo practicable la expansión de la industria vidriera la revocación del impuesto sobre el consumo del vidrio.

A partir de entonces se hicieron los más modernos adelantos del siglo XIX. Cuando los productos llegaron a ser más baratos, creció la demanda; y la consecuente presión de los trabajadores para obtener salarios más altos proporcionó un incentivo adicional para los experimentos de mecanización. La gran dificultad de manejar el vidrio fundido fue una barrera efectiva para el progreso.

A partir de 1859 se concedieron en varios países una serie de patentes de máquinas para la fabricación de botellas, y en 1887 la máquina semiautomática de Ashley, utilizada en Yorkshire, proporcionó el primer éxito comercial.

estados unidos

En 1898 M J Owens construyó en América la primera caña neumática experimental, que mecanizó el primer proceso en la fabricación. A finales de siglo una máquina Owens podía hacer 2500 botellas por hora. Fueron utilizados también embolos y moldes para el proceso más sencillo de prensado de artículos de vidrio tales como bandejas pequeñas y cuencos.

De modo más generalizado, una característica de la época fue el cuidadoso estudio científico de los materiales empleados: en 1875, por ejemplo, fue definida la composición química de lo que entonces fue considerado como el vidrio más duradero y resultó que era próxima a la del que todavía se utiliza para las ventanas.

Llegaron a ser objeto de investigación métodos perfeccionados para hacer vidrio óptico, no sólo entre los fabricantes sino también entre los científicos interesados. PL Guinand, realizó en 1798 un importante descubrimiento: el remover el vidrio de plomo fundido en el crisol con un batidor de arcilla refractaria, para distribuir de forma más igualada el pesado óxido de plomo y formar así una mezcla homogénea, condición absolutamente indispensable para lograr buenos resultados. Exactamente antes del final del siglo se podían enumerar alrededor de ochenta vidrios ópticos distintos, y en muy pocos años se introdujeron en una proporción por lo menos de un 10 por ciento de la mezcla, unos veintiocho elementos no utilizados anteriormente en la fabricación del vidrio.

vidrio contemporaneo

Hasta 1780 Francia apenas había destacado en las grandes rivalidades del vidrio, si se exceptúa el espléndido fornecimiento de la vidriera en la época gótica. En el siglo XVII, purificó el vidrio y produjo: jarras, garrafas, vasos en vidrio transparente, porrones, medidas para vino y aceite en vidrio azul y pilas de agua bendita trabajadas con pinza. Los vidrios de lujo en el siglo XVIII, se adaptaron espontáneamente al gusto francés. Una hábil campaña acreditó entonces la opinión de que el vino sabía mejor en las copas de álcali de hehecho, que en las de vidrio a la sosa de tipo veneciano. Con el vidrio de hehecho se hacían vasos de pie, de copa lisa o moldeada, de una elegante simplicidad. Se desdénó el arte del vidrio porque Luis XIV orientó todos los esfuerzos hacia la fabricación de espejos de gran superficie y en 1800 sólo había 54 vidrierías en Francia. A partir de 1820, El vidrio opalino fue muy bien trabajado. El Montcenis, Baccarat y Saint-Louis dominaban el mercado, pese a la competencia de Bercy, Cholsy-le Roi, Clichy, la Villette, Plaine de Wabch y Sévres.

Las incrustaciones de esmaltes sobre lentejuelas de oro y cameos de esteatita, llamados sulfuros, fueron muy demandados en la primera mitad del siglo. Apartir de 1854, un descenso en las ventas de los cristales movió a Baccarat, Saint-louis y Clichy a inundar el mercado con bolas pisapapeles con motivos de caramelos millefiori o que contenían serpientes, mariposas, rosas, etc.

A mediados del siglo XIX, el cristal francés tenía buena reputación entre los vidrios europeos como los gruesos de Bohemia y el flint-glass inglés, pero las formas decepcionaban por su pesadez, su monotonía y su pobreza geométrica y de colorido. Aunque muy al punto en el aspecto técnico, el arte del vidrio se extenuaba, carente de inventiva. En cambio en Inglaterra en 1851, una fuente de vidrio de 4 toneladas arrancó suspiros en la exposición del Palacio de Cristal.

Sin embargo sería en Francia donde hubo una renovación artesanal del vidrio, con unos padrinzagos muy eclécticos la cerámica china, la estampación japonesa, los jades del Palacio de Invierno y las Lámparas de mezzquita sarracena. Emile Gallé (1846-1904), haría, gracias a su personalidad dinámica y extravagante, la síntesis de las diversas tentativas de otros artesanos. En 1874, fundó una pequeña vidriera y comenzó sus experimentos. Durante diez años, produjo unos cristales limpidos, esmaltados en relieve y grabados al torno, con inspiración botánica y entomológica. A partir de 1884, optó por un vidrio opaco, espeso, doblado y triplicado, inyectado con óxidos, indio, talco, mica y arrianto. Tuvo mucho éxito pero también mucha gente le copió. En Inglaterra, se popularizó el <<cameo glass>> (grabado al ácido) y el <<vidrio de Birmania >> con matices opacos rosa de té debidos a óxidos de oro y de uranio. En América Louis C. Tiffany creó el vidrio -hecho a mano-, con formas vegetales y le confirió un irisado característico inspirado en los objetos de las excavaciones. En Alemania se lanzó el Jugendstil y el Austria el - Sezassionsstil-. En Murano, el estilo liberty no revela ninguna personalidad Borrada del mapa por la ocupación austriaca, la vidriera veneciana se alzaba entre sus ruinas gracias al impulso dado por Salvati después de 1865, pero permanecía demasiado obsesionada por su antiguo esplendor y no tenía la menor intención de mejorar fórmulas o procesos.

Fue también en Francia donde se revelaron los mejores herederos de Gallé. En Nancy, esculplan la pasta de vidrio, y Lapique iniciaba un retorno a la transparencia.

Ni África negra y la América precolombina, ni Asia central trabajaron el vidrio. Los chinos conocieron muy pronto el vidrio, pero no sacaron ningún partido de él. El vidrio no fue más que un sustituto de la piedra dura, un jade

artificial que teñían y esculpían como tal. La vidriería suiza se dedicó del siglo XVII al XIX, al esmaltado ingenioso de frascos y vasos. Creó unos frascos cuadrangulares característicos, en vidrio oscuro, caramelo, azul o violeta, adornados. España enriquecida por el oro de América, fue próspera en el siglo XVI, durante el «reinado de Venecia». Sus sopladores, andaluces, catalanes o castellanos, hicieron vidrio -a la moda de Venecia- en castriell, en Barcelona y en Madrid. En la América colonial, unos emigrados alemanes prendieron, en el siglo XVII, hornos en Mannheim y en New Bremen, y lo que de su producción subsiste es de aspecto muy germánico.

A finales del siglo XIX y principios del XX el estilo de Gallé y de los que le siguieron huella, iban a la par con la creación de Mucha, de Guimard y de Gaudí. Gallé exploró una gran gama de posibilidades decorativas, inspirado en parte por la plasticidad del material, el cual por su fluidez creaba las formas asimétricas del Art Nouveau y permitía una ornamentación meticulosa de la superficie en un amplio espectro de colores. Pero llegó el momento en que el movimiento -Art Nouveau- perdió impulso. A partir de 1907 apareció el cubismo y la primera guerra mundial consagró la ruptura. Las cristalerías prosiguieron su producción y en 1925 sus novedades se inspiraron en las formas del estilo -art déco- con sus estilizaciones geométricas y su cubismo falseado. Las piezas de vidrio del Art-Déco muestran las tendencias del período. Pesadas y opacas, de vidrio machacado se moldeaban en formas caprichosas con efectos decorativos de las superficies. Se aplicaron técnicas nuevas para crear artículos altamente imaginativos.

Los Lapique trabajaron en este sentido. Daum y Marinot optaron por una sobriedad abstracta. Marinot escribió: Creo que una bella pieza de vidrio debe mantener tanto como se pueda del aspecto de aliento que la crea. Su forma debe ser un momento en la vida del vidrio.

Después con el espíritu del purismo de Ozenfant y de la Bauhaus de Gropius, al derroche de colores le sucedió la monocromía, o una sobria bicromía, a la opacidad la transparencia, y a la exuberancia barroca la rigidez funcional. En 1929, uno de los diseñadores alemanes que trabajaban para la producción en serie era Wilhelm Wagenfeld, antiguo discípulo y profesor de la Bauhaus que rechazó las ideas de aquella por su tendencia a lo teórico y abstracto. Negaba que la función fuera determinante de la forma, sosteniendo que no era un fin último, sino condición previa de todo buen diseño. Sus diseños en cristal de Jena tuvieron mucho éxito y como director de la Laustzer Glasverein mejoró la producción en todos los niveles. Su cristalería de lujo alcanzó fama internacional, pero la mayor parte de su labor se centró en el diseño de cientos de artículos de vidrio pensado, como vasos para vino y cerveza para restaurantes y bares, botellas y tarros para el uso comercial, vajilla de vidrio para el hogar, y un sistema modular de recipientes y platos de cocina. Todos estos productos estaban desprovistos de ornamentación, caracterizándose por líneas puras y formas delicadamente curvas que aprovechaban la ductilidad del vidrio con moderación.

En Escandinavia la industrialización llegó tardíamente, de la mano de la electrificación, y una sucesión de artistas-diseñadores logró una síntesis de la tradición artesanal y los métodos industriales.

A partir de 1945, el triunfo de la austeridad lineal, de las curvas sin defectos, de los volúmenes puros, se imponían por doquier.

De las firmas más notables en Finlandia durante los años treinta esta la Orrefors que logró un alto nivel de calidad en toda su producción. En los 50's sus objetos de vidrio producidos en serie alcanzaron renombre internacional, y la cristalería diseñada en 1957 por Landberg es la perfecta expresión de las formas sencillas pero delicadas características de estas series tan populares.

En 1950 en el vidrio de Murano se usaron formas muy expresivas y colores brillantes. Entre 1955 y 1975 surgió un renacimiento de artículos hechos a mano y el vidrio fue uno de los más fuertes elementos de este movimiento. Hubo un acercamiento de las bellas artes al diseño de artefactos modernos.

Libre de obsesión figurativa, ¿había recuperado el vidrio su esencia? Sólo un partidario del arte abstracto del -design- terrorista y de los muebles niquelados podría afirmarlo. El arte pop, la moda del kitch y de lo psicodélico demuestran que la humanidad no soporta por largo tiempo los impulsos racionales que le asaltan a veces. En Checoslovaquia, artistas buscan fórmulas parlantes, tan alejadas de lo figurativo como de la abstracción. Si las formas dibujadas por algunos artistas para la vidriería sueca atestiguan las permanencias de la afición a lo geométrico, el finlandés Sarpaneva concibe para la fábrica Iittala unos volúmenes más barrocos.

vidrio actual

La historia del vidrio finlandés es uno de los capítulos más interesantes para entender la evolución de las formas a través de las diferentes etapas de la cultura. Avar Aalto, Tapio Wirkkala, Sarpaneva, Toikka; han hecho que el vidrio sea una expresión viva y dinámica de la modernidad. A través de ellos, el vidrio ha sido capaz de cruzar las barreras de la racionalidad de la funcionalidad para transformarse en arte. Los cambios y tendencias en la producción del vidrio durante los 80's se han desarrollado dentro de las industrias.

El trabajo de estos diseñadores, caracterizado por la exploración de diversos medios de expresión, finalizó al llegar del objeto funcional del diseño industrial, al utensilio poético. Ejemplos de ello son:

Iittala. Entender la esencia de un material, para exaltar sus características sin forzarlo agresivamente y al mismo tiempo moldearlo en formas agradables y funcionales.

Esta es la filosofía que caracteriza la producción del vidrio finlandés. Muchos de los trabajos de los diseñadores finlandeses están destinados a elevar el arte.

Collé. Ha creado unas formas extremadamente modernas que nos hablan del lenguaje más actual en estética. Sus formas son estilizadas y en ellas se observa la luminosidad y brillo del cristal.

Kosta Boda. En esta firma se trabaja como en un gimnasio en el que los experimentos más atrevidos pueden tener lugar por medio de utilizar la hechura a mano y haciendo cambios en ella para crear nuevas líneas. Kosta Boda ha sobresalido en la renovación de su estilo en el que han sintetizado el diseño y expresión artística.

Una de las últimas técnicas empleadas es: Se tiene un molde de arena húmeda, que constituye la estructura de soporte. Después se vacía el cristal de plomo. Luego se cubre con vendajes de vidrio, los cuales, cuando han solidificado dejan escapar la arena que dio forma a las figuras.

Mercuranti. La cualidad que caracteriza a esta firma en los 90's es que han sido capaces de condescender con los requerimientos de las cambiantes tendencias del mercado.

Soart. Esta firma ha sabido como interpretar el elemento vidrio en mil formas diferentes, todas las cuales están en sintonía con el gusto lineal, claro y fino de los últimos años del siglo. Su tecnología es de las mejores tanto en escandinavia como en otros países.

Ragazzi & Co. Su producción es una síntesis exitosa entre el trabajo de indiscutible alta calidad hecho a mano y la continua búsqueda de nuevas formas.

Walthar. Todo objeto decorativo o de uso se da gracias a un proceso artesanal complejo que es muy original: un cilindro de vidrio cobra vida gracias a la pintura, al tallado, a la incrustación, a las delicadas tintas de metales preciosos. Cuando desaparece su anonimato, el cilindro se convierte en una botella, un florero, vidrio moldeado por expertos trabajadores del vidrio, quienes calentándolo a 1500° C, lo soplan, lo prensan y lo moldean.

Actualmente Dartington, fabricante de cristal de plomo está explorando nuevos métodos de producción, nuevos acabados y técnicas de moldeado para producir artículos de vidrio en producción masiva. Está desarrollando un molde por centrifugado, el que le dará a sus productos una característica poco usual en la repartición del peso en el objeto. Con el diseño en cristal de plomo se pueden exagerar las cualidades naturales de este tipo de cristales; su masa y el modo en que refractan la luz.

Los diseñadores de ahora se sumergen en un gran número de posibilidades estilísticas del pasado y de la cultura contemporánea. Los del siglo pasado tenían la necesidad de producir un estilo que mostrara el espíritu de la época en que vivían. Las necesidades del público actual son las de objetos que muestren pluralidad y volubilidad. Hay una búsqueda de estilos que deleite, sorprenda y conforme al público comprador. Los diseñadores de la actualidad buscan fuentes visuales de inspiración en las bellas artes, filosofía, ética, ingeniería y cultura de masas.

la industria vidriera en México

A diferencia de otras artesanías populares la del vidrio no tuvo origen local, pues aunque nuestros antepasados trabajaron, en forma artística y en utensilios de defensa, varios tipos de cristales de roca y obsidiana, así como grandes hojas de mica, no conocían la fabricación del vidrio, porque que no contaban aún con el método de obtención de grandes temperaturas, necesarias para la fusión de los materiales requeridos para fabricar la gran mayoría de los vidrios.

Así pues la industria del vidrio, propiamente dicha, hizo su aparición en México a mediados del siglo XVI. Con anterioridad, se empleaban en nuestras ventanas los llamados «encerados», que no eran mas que telas pintadas cubiertas con una capa de cera fundida y tales encerados eran los que cubrían las ventanas de la primitiva Catedral de México. También se usaban láminas delgadas de alabastro o tecañil; las únicas vidrieras de la época colonial que se conservan son las que existen en el Templo de la Profesa, que datan del primer tercio del siglo XVIII. Son de formas geométricas y con colores azul, amatista y ámbar.

Puebla de los Angeles fue la primera Ciudad que contó con una fábrica de vidrio en el territorio mexicano. Los poblanos Miguel Ignacio Rementería y Esteban Antuñano en el año de 1542, ponen en funcionamiento un horno, cuya actividad era de bastante magnitud. Posteriormente se instalan fábricas en México, Guadalajara y Texcoco. La manufactura de cerámica vidriada y vidrio muestran los mismos óxidos metálicos para su decoración, por lo que su manejo y aplicación sugiere que ambas artesanías fueron desarrolladas en Puebla con pocos años de diferencia.

Cien años más tarde de la instalación del primer horno, hicieron su aparición los candiles. En 1721 el vidrio dorado y un año después los espejos y cristales. Posteriormente del 1728 se estableció una fábrica de vidrio que

existió hasta el año de 1800.

La fabricación del vidrio se incorpora a la vida económica de México durante el siglo XVI, como resultado del establecimiento de los españoles en el país. Los primeros vidrios eran blancos cristaleros, azul y verde y se exportaban a frecuentemente a Guatemala y a Perú. Se utilizaban ciertas yerbas acuáticas del lago de Cuitzeo en Michoacán como sosa y leña de Puebla. En el s XVIII se exportaron a Venezuela vidrios que decían que no eran tan finos pero muy parecidos a los venecianos. La industria que tuvo en sus inicios un relativo éxito, por estas exportaciones que se realizaban, no prosperó en toda su extensión por el poco desarrollo industrial del país y por la poca demanda del producto en ese entonces. Otro motivo por el cual no hubo un amplio desarrollo de esa industria, al menos en la Colonia fue el escaso desarrollo de España y por la burocracia e intereses que se manejaban. Los testimonios de la época decían en 1893 que las tierras para la fabricación de vidrios y cristales son abundantísimas en México, pero la industria se encuentra lejos de tener el desarrollo que por la demanda sería necesario alcanzara. Don Lucas Alamán decía en 1844 - con respecto a fábricas de vidrios planos y algunos otros artículos, las tres que se formaron en Puebla, Jalapa y esta Capital han cesado en sus operaciones. Los productos en cuanto a vidrios planos y botellas, fueron muy satisfactorios y los demás artículos se irán perfeccionando, pero la falta de consumo causó en gran parte la cesación del trabajo.-

El introductor de la industria del vidrio soplado en Guadalajara fue Odilón Avalos en el año de 1903 y a fines del siglo instaló la fábrica de la calle de Carretones, en la ciudad de México.

La principal demanda para el vidrio en Guadalajara de principios del gobierno de Don Miguel Ahumada fueron las botellas de un litro - un medio y un cuarto.

La materia prima para esta artesanía es el simple vidrio de desperdicio: pedacera polícroma de todos orígenes y calidades. No tiene la industria necesidad de producirlo a partir de arenas, carbonatos, feldespatos y calizas ni, en consecuencia, de complicar el proceso con rigores técnicos iniciales ni grandes y costosas instalaciones, aunque, como es obvio, mucho ganarían en tersura y homogeneidad los objetos si el material procediera de elementos primarios. La carga se transforma en el horno, a mil doscientos grados de temperatura, en un viscoso caldo de fundición homogeneizado y de apariencia uniforme.

Para dar color al vidrio se añaden a la masa en fusión diversas sustancias: oro selenio u óxido cuproso, para el rojo óxido cromo ferroso, para el verde: trisulfuro de antimonio o borato de plata, para el amarillo; bióxido de manganeso, para el violeta; óxido cobaltoso, para el azul; fosfato cálcico, fluoruro cálcico u óxidos de estaño, circonio, titanio o antimonio, para los efectos opalinos. Algunos colores, los tradicionales -azul, cobalto, verde esmeralda, amatista o morado, aguamarina y ámbar - se obtienen por oxidación; otros en cambio, por efecto térmico, de improviso y como por arte de magia.

Por ese entonces el costo de los productos era muy elevado debido al sistema de fabricación manual o artesanal. La adopción de sistemas de producción automáticos o semiautomáticos, se inició a principios del siglo siguiente, y lógicamente toda la demanda interna de cristalería, vidrios planos y envases diversos, se surtía, con anterioridad, completamente de los mercados extranjeros. La fabricación de vidrio plano en la Nueva España fue muy tardía, hasta el último cuarto del siglo XVIII, debido a las dificultades que había para poner una buena arca de recocido, siendo hasta el año de 1909, en que se estableció la Vidriera Monterrey, S.A., en esa misma ciudad, cuando comenzamos a emanciparnos de la obligada importación, ya que esta empresa se dedicó a producir botellas cerveceras, y más tarde amplió su actividad a la fabricación de una gran variedad de envases.

En 1935 se fundó en la Ciudad de México la Vidriera México, S.A. quien también se dedicó a la fabricación de envases.

Al año siguiente, 1936, los inversionistas de Vidriera Monterrey S.A. dado el buen éxito alcanzado por esta empresa, crearon otras dos con un giro de producción diferente; estos fueron Vidrio Plano S.A. y Cristalería S.A. Por esa misma época en el distrito federal se estableció la Fábrica Nacional de vidrio S.A., que se dedicó a la producción de garrafones de mediana capacidad, esta empresa ha realizado ampliaciones en su capacidad productiva para fabricar envases, con sistemas automáticos y semi-automáticos.

Posteriormente, a partir del año de 1946 se fundaron tres nuevas empresas en distintas ciudades, la vidriera de Guadalajara, S.A. en esa misma localidad, Cristales Mexicanos, S.A., en Monterrey y la Vidriera Los Reyes S. A. en el Estado de México, después, a fines de 1948, la Cervecería Moctezuma de Orizaba instaló su propia planta para atender sus necesidades. Todas estas empresas fueron establecidas para fabricar envases de todas clases, en forma primordial.

Los incrementos registrados en el volumen de la producción industrial de México, muestran claramente que esta actividad es un sector de gran dinamismo en el desarrollo económico del país.

Por la introducción de la máquina para soplar y los métodos industriales para elaborar vidrio plano obligó a los vidrieros a entrar en el campo del arte popular y de las artesanías artísticas, que en este campo en particular, se

ha enriquecido con la introducción del cristal al plomo y el arte de cortar, así como con la combinación del vidrio con metales, ya sea en vitrales u objetos de vidrio -vasado- en metal, según la denominación popular. Aquí se reflejan un poco la técnica y las denominaciones derivadas de la orfebrería prehispánica -los metales casados- que en nuestro tiempo, aunque con diversas orientaciones revivió para este tipo de objetos de vidrio y metal Louis Comfort Tiffany, del grupo del artista vidriero Emile Gallé.

Dentro del arte popular estricto, el vidrio soplado mexicano ha alcanzado buena aceptación internacional debido en mucho a la conservación de este carácter popular. Elka Schrijver dice: el vidrio hecho en México, al menos el exportado es rústico y encantador en alta medida. Con este proceso se fabrican botellas, vasos, jarras, platos, copas y muchas otras piezas, algunas de las cuales se terminan en molde y se le dan algunos acabados como azogado, esmaltado a fuego, ampolado, esmenilado, craquelado, etc.

Igualmente bello es el vidrio prensado manual que se fabrica en Puebla, es de color verde claro aunque antiguamente se utilizó el ámbar para estos mismos moldes. En este vidrio todavía se prensan las tradicionales gallinitas para sal de mesa y una gran variedad de miniaturas y juguetes para adornar alacenas y jugueteros, además de otras piezas como jarras con cava y botellones de portal. Hasta hace pocos años se producían piezas tradicionales para servir el pulque como los chivos, caltrinas, cacizas, tornillos, macetas, etc, que alguna vez alcanzaron volúmenes de producción muy importantes, pero al caer en desuso las fábricas se orientaron hacia otras líneas de producción. Al vidrio prensado se decora algunas veces al esmenil con la decoración de pepita.

La actividad artesanal se encuentra muy difundida en todo el país sobre todo y como se mencionó anteriormente en Monterrey, Guadalajara, Tonalá y Texcoco y hasta se han abierto fábricas en ciudades fronterizas como Cd. Juárez y Tijuana. En Durango se ha iniciado la fabricación de vidrio soplado y esmaltado a fuego y en casi todos los centros de producción se hacen miniaturas de vidrio estirado con soplete.

Considerando las diversas industrias que integran el rubro de manufacturas, encontramos que la fabricación de vidrio ocupa un lugar relevante, principalmente por lo que respecta al ritmo de incremento en su producción.

Los productos de vidrio comprenden una gran variedad y satisfacen infinidad de necesidades. Los encontramos en la industria de la construcción, en el comercio, en la industria automotriz, en las industrias que necesitan recipientes para envasar sus productos, en el uso doméstico, ornamental, con fines de propaganda y en la industria químico-farmacéutica.

Para los productos de vidrio existen mercados distinguibles, lo que nos conduce a la necesidad de establecer una clasificación de los diferentes tipos de vidrio que se producen.

. vidrio plano.

Esta línea formada por vidrios fabricados en espesores que varían de 2 a 6 mm, se divide en:

- a) Planos, que se utilizan en ventanas, vitrinas, aparadores, etc.
- b) Pulidos, para aparadores, muebles, etc.
- c) Cilíndrico o Labrado, que permite el paso de la luz, aunque a través de él no puedan distinguirse los objetos, utilizado en ventanas, puertas, lámparas etc.
- d) Templados de Seguridad, principalmente para automóviles.]

. envases.

Los envases que se producen en nuestro país, por el proceso de soplado en molde, se destinan al envasado de refrescos, cervezas, vinos y licores; para productos medicinales, alimenticios e industriales, y se fabrican en color cristalino, ámbar, verde georgia, verde esmeralda, azul, <old pottery >> y opalino.

. cristalería.

En el ramo de cristalería las líneas que se fabrican en México son muy variadas. Por ejemplo:

A. fabricación manual

Consistente en soplado de vasos, platos, fuentes, copas, etc. . prensado manual de vajillas de vidrio, vasos y artículos utilitario-decorativos.

B. fabricación automática de vidrio prensado y soplado.

Con fabricación en gran escala como: vasos, veladoras, ceniceros, vajillas, blocks de vidrio, pantallas para lámparas, etc.

C. cristal de plomo o cristal corlado

Que representa el más alto exponente de calidad, en cuanto al propio vidrio se refiere. Para uso doméstico y

ornamental.

D. línea de vidrio refractario

Incluye una rama importante de cristalería que consiste en productos fabricados en vidrio transparente de borosilicato de alta calidad. Son resistentes al choque térmico y propios para hornear. Dentro de este rubro se producen también los vasos para licuadoras, pantallas difusoras de luz, plafones para iluminación que se usan en la intemperie

. vidrio químicamente neutro.

Solamente se producen en nuestro país los tubos blancos para ampollas y comprimidos.

. otros productos de vidrio.

Esta línea comprende las figuras de vidrio, ciertos tipos de vasos, floreros, jarrones, piezas ornamentales, fabricados en un gran número de pequeños talleres de carácter familiar y diseminados en todo el ámbito de nuestro país, generalmente denominados artesanías. Otro tipo de productos de vidrio son las esculturas que se fabrican ya sea con vidrio plano o sopladas, prensadas, coladas, etc.

En la actualidad, la industria mexicana del vidrio se satisface en un elevado porcentaje de materias primas nacionales, pues debido a las investigaciones e inversiones realizadas por esta industria, nuestro país es capaz de satisfacer el consumo nacional en un porcentaje superior al 90 %, lo cual es satisfactorio tomando en cuenta la variedad de materias primas que intervienen en los diferentes tipos de vidrio que nuestro país produce.

En términos generales, las principales materias primas que intervienen en la elaboración del vidrio son las siguientes: arena sílica, piedra caliza, pedacera de vidrio, sosa y feldespató. En forma secundaria podemos anotar: óxido de potasio, óxido de bro, sulfato de sodio, bórax, diatomita, decolorantes (arsénico, selenio, bióxido de manganeso); colorantes (óxido o ácidos metálicos), así como otras materias primas que intervienen según se quiera dar al vidrio: dureza, cristalización, color para evitar burbujas en el vidrio, para lograr mejor fusión, calidad, etc.

La industria nacional del vidrio está representada por 70 fábricas situadas en diferentes puntos del país, estas van desde empresas artesanales hasta las totalmente automatizadas. Su número se localiza, dividiendo el país en cuatro grandes zonas, en

zona	central	46
	norte	13
	pacífico	8
	golfo	3

No obstante que la zona central tiene el mayor número de fábricas las más importantes están localizadas en la zona norte.

Sin embargo, tomando en cuenta los cuatro grandes componentes de la industria vidriera en México y dada la naturaleza de sus productos así como la demanda de los mismos, su localización más frecuente está en los grandes centros de población, como Guadalajara, Monterrey, Estado de México y en el Distrito Federal.

clasificación de los sólidos

Los sólidos pueden recibir distintas clasificaciones, y una de ellas, de acuerdo a su estructura espacial, es dividirlos en cristales, cuasicristales y amorfos. Los cristales se caracterizan por estar formados en un arreglo ordenado de átomos o moléculas; es una red en donde celdas unitarias e idénticas se unen en forma regular y periódica llenando el espacio con una estructura generalmente basada en sólidos como el cubo, el tetraedro y el octaedro.

Los cuasicristales se pueden considerar como un estado intermedio entre los cristales y los amorfos. Al igual que los cristales, los cuasicristales poseen cierta simetría rotacional, pero con la diferencia de no tener periodicidad translacional. Los cuasicristales tienen una estructura basada en el icosaedro, la cual tiene una simetría rotacional cinco, por lo que no puede servir como celda unitaria de una estructura cristalina convencional. No es posible -empacar- formas que tienen simetría cinco sin un cierto grado de frustración; es decir, la imposibilidad de llenar espacios con ciertas figuras geométricas, sin dejar huecos y sin mantener átomos equidistantes.

En los sólidos amorfos no se da ninguna clase de orden, ni rotacional, ni translacional a largo alcance, e incluso en algunos no existe ni siquiera en el corto alcance.

el vidrio como sólido amorfo. .

Dependiendo del líquido y del proceso de enfriamiento, un líquido al enfriarse puede cristalizarse y convertirse en un sólido cristalino; o bien, vitrificarse y formar un vidrio; e incluso, en condiciones muy especiales, se puede llegar a un cuasicristal.

Los factores más importantes que determinan la tendencia a la formación de vidrio son la viscosidad en el punto de fusión y la tasa de decremento de la viscosidad con una temperatura debajo del punto de fusión.

formación de vidrio. .

En la formación de un vidrio el líquido que lo origina debe enfriarse más abajo de una cierta temperatura umbral denominada 'temperatura de transición vítrea', la cual varía de un material a otro. Por encima de esta temperatura los átomos requieren relativamente poco tiempo para hacer movimientos de translación lo suficientemente largos como para acomodarse y formar cristales; más abajo de esta temperatura los átomos prácticamente se inmovilizan. Es en la temperatura vítrea donde la configuración de los átomos se congela en una estructura sólida y amorfa que forma un vidrio.

La condición fundamental en la formación de vidrio es que una substancia puede formar redes tridimensionales sin periodicidad, con un contenido de energía comparable con el de la red de cristal correspondiente. Hay cuatro reglas para la estructuración de óxidos, que nos permiten escoger los óxidos para formar un vidrio:

- 1... Un átomo de oxígeno está unido con no más de dos átomos formadores de vidrio.
- 2... El número de coordinación de el átomo formador de vidrio es pequeño.
- 3... Los poliedros de oxígeno comparten sus esquinas con todos, no sus cantos o sus caras.
- 4... Los poliedros están unidos en una red tridimensional.

De esto se concluye que los siguientes óxidos deben ser los formadores de vidrio: B₂O₃, SiO₂, GeO₂, P₂O₅, As₂O₅, P₂O₃, As₂O₃, Sb₂O₃, Sb₂O₅, V₂O₅, Sb₂O₅, Nb₂O₅ y Ta₂O₅.

El requerimiento de que los óxidos formen una red tridimensional quiere decir que el fluido viscoso es relativamente difícil, porque requiere la ruptura de uniones químicas primarias. De hecho, se ha demostrado que la tendencia a la formación de un vidrio por parte de un óxido está directamente relacionada con la fuerza de las uniones entre sus átomos de oxígeno y metal.

Los formadores de vidrio tienen uniones muy fuertes, sobre 80 kcal/mol, y los iones modificadores que no son parte de la red de óxidos tienen fuerzas de unión de oxígeno-metal debajo de este valor. El requerimiento de que la energía de el vidrio y el cristal sean muy parecidas, quiere decir que el calor de fusión para un formador de vidrio es menor que el para otros materiales químicos similares.

Existe otra correlación para la tendencia a la formación de vidrio :

- 1... La valencia del catión debe ser de tres o más.
- 2... La tendencia a la formación de vidrio incrementa con el decremento del tamaño del catión.
- 3... La electronegatividad debe estar entre 1.5 y 2.1 en la escala de Pauling.

Con este criterio se encuentran cuatro grupos de óxidos:

-Los formadores de vidrio fuertes, Si, Ge, As, P y B,

-Los intermedios, los cuales forman vidrios sólo con el enfriamiento por splat, Sb, V, W, Mo y Te,
-Otros óxidos que no forman vidrios con rápido enfriamiento, pero que lo hacen en superficies oxidadas de sus metales o en combinaciones binarias con óxidos que no son formadores de vidrio, Al, Ga, Ti, Ta, Nb y Bi,
-Y otros óxidos que no forman vidrios.

De esto se concluye que la tendencia a formar un vidrio está relacionada con las tasas de crecimiento y nucleación de cristales en un líquido. En un material formador de vidrio con altas tasas de cristalización una tasa baja de nucleación cristalina probablemente auxilia la formación de vidrio.

En una clase particular de materiales, como los óxidos, se puede establecer algún criterio estructural para la formación de vidrio, pero este criterio parece ser un poco específico para esta clase particular. Las reglas de Zachariasen para los óxidos no pueden aplicarse a la formación de vidrio en líquidos inorgánicos o en sales iónicas fundidas, y el encontrar moléculas asimétricas en líquidos inorgánicos formadores de vidrio es irrelevante para la formación de vidrio de óxidos. Así se debe esperar alguna correlación entre la habilidad para la formación de vidrio y la estructura sólo con clases de materiales formadores de vidrio. El criterio más general de bajas tasas de nucleación o crecimiento de cristales debe ser examinada para establecer una habilidad relativa para la formación de vidrio de materiales de diferentes clases o inclassificados.

La sílice se encuentra en la naturaleza en estado cristalno no vitrificado.

La razón del comportamiento vídrio está relacionado con la estructura del material. La unidad básica de la estructura es el tetraedro de sílice, que está compuesto de un núcleo de silicio (valencia = +4) rodeado por cuatro átomos equidistantes de oxígeno. Ya que cada átomo de oxígeno tiene una valencia de -2, la carga se comparte con el tetraedro adyacente si O4 4, produciendo una red en el espacio de cadenas de tetraedros de sílice. En el cristal se repite el mismo patrón a través de grandes distancias en todo el material. Los ángulos entre las uniones del mismo tipo son constantes y las distancias entre los pares de átomos, tales como los átomos de silicio y oxígeno, son constantes. Sin embargo, en el vidrio, los ángulos de unión y las uniones varían.

El dióxido de silicio ejemplifica las características primarias que los formadores de vidrio deben tener. Primero, el hecho de que cada átomo de oxígeno se comparte entre dos átomos de silicio, y cada átomo de silicio entre cuatro átomos de oxígeno permite la formación de redes tridimensionales complejas. Segundo, la unión de silicio-oxígeno es muy fuerte. El resultado es que es muy difícil el desintegrar la red en su forma amorfa líquida para permitir la formación de cristales.

El ángulo entre las dos uniones de cada átomo de oxígeno, como se dijo anteriormente, no es tan crítico. De cualquier forma, por lo que los átomos de oxígeno que unen dos tetraedros, dan la flexibilidad necesaria para la estructura amorfa del vidrio. A altas temperaturas, estas cadenas se desizan fácilmente entre sí debido a las vibraciones térmicas. Sin embargo, a medida que se enfría la fusión, la estructura se vuelve rígida.

Cuando los puentes Si-O-Si se rompen para formar grupos iónicos Si-O, la resistencia de la red disminuye, y en consecuencia la viscosidad baja y se incrementa la tendencia del vidrio a cristalizarse. Sin embargo hay algunos óxidos que tienen el efecto contrario y son conocidos como formadores de vidrio.

Formadores de vidrio

B2 O5 (óxido de bario), Ge O2 (óxido de germanio), Al2 O3 (óxido de aluminio), B2 O3 (óxido de boro). La valencia del ion metálico es usualmente mayor o igual a 3 y el ion es pequeño. Los iones metálicos en los formadores de vidrio tienen una gran energía de amarre con el oxígeno y son incorporados a la red estructural tridimensional, en lugar de romperse en grupos iónicos. Generalmente los formadores de vidrio, cuando se encuentran en estado puro, existen como vidrios. Todos estos óxidos tienen una viscosidad alta en estado líquido, la que no permite que los átomos o moléculas se muevan para formar un arreglo cristalino.

Modificadores de vidrio

También se les conoce como óxidos de elementos de valencias bajas como el sodio y el potasio. Estos tienden a romper la continuidad de las cadenas, pero solamente se puede agregar en cantidades limitadas. La adición de estos óxidos conlleva a unas temperaturas de fusión inferiores y simplifica el procesamiento.

Óxidos intermedios

Estos óxidos no forman vidrios por sí solos, sino que se unen a la cadena de sílice para mantener el estado vídrio. Un ejemplo es el óxido de plomo que se agrega en grandes cantidades (hasta un 60 %) para producir un vidrio ornamental de mucho brillo. El óxido de plomo puede volverse parte de la cadena y modificar la estructura en posiciones internas. Esto explica por qué podemos añadir grandes cantidades y mantener la estructura vídria.

Los siguientes óxidos Ti O2 (óxido de titanio), ZnO (óxido de zinc), Zr O2 (óxido de estroncio), se comportan como formadores de red en algunos vidrios, y como modificadores de red en otros. Estos óxidos se conocen

como intermedios.

En los materiales cerámicos la combinación de iones complejos en sitios en la celda unitaria retardan la rata de cristalización. Como este efecto depende de la química, no debe sorprendernos el hecho de que los modificadores y los intermedios se encuentran en los materiales cerámicos.

Una de las características más notables de las estructuras cristalinas y vídriosas es que como están formadas por poliedros similares, unidos sólo en las esquinas. Las estructuras están relativamente abiertas y contienen huecos relativamente grandes. En un estudio del vidrio Na₂O- SiO₂, se indica en dónde se sitúan los iones de sodio. Estos iones se sitúan en los huecos de la red formada por los tetraedros de SiO₄. Los iones de oxígeno introducidos juntamente con los iones de sodio en la forma de Na₂O se incorporan por la ruptura de algunas uniones de Si-O-Si, que están presentes en el vidrio de SiO₂. Es generalmente aceptado que la estructura en la vecindad de estos llamados iones de oxígeno que no llenan vacíos cargan una carga negativa para neutralizar la carga positiva de los iones de sodio que se encuentran adyacentemente en los iones de oxígeno de una sola unión para que la electroneutralidad se mantenga localmente en la estructura. Las uniones Na-O son muy iónicas en caracter y son mucho más débiles que las uniones Si-O.

Es bien sabido que las muestras de vidrio de silicio son deficientes en oxígeno. Esto da lugar al crecimiento de defectos en la estructura. Hay también evidencia que sugiere que los iones de álcali podrían no estar uniformemente bien distribuidos en la estructura.

En los líquidos orgánicos, la temperatura para la formación de un vidrio está relacionada con la energía de cohesión de el líquido, la cual es proporcional a el punto de ebullición. Así entre más cerca esté la temperatura de fusión de la temperatura de formación del vidrio, más grande es la tendencia a la formación de vidrio. Estos líquidos tienen temperaturas de fusión menores por la gran dificultad que tienen de reorganizar sus moléculas asimétricas. Y esta dificultad, sumada a la menor temperatura de cristalización, hace que haya una más reducida nucleación cristalina, y por lo tanto crecimiento, y de esta forma, a la formación de vidrio. Estas consideraciones explican la tendencia relativa para la formación de vidrio en los líquidos orgánicos con moléculas asimétricas, pero todavía es difícil el esperar la formación de vidrio en vista de su relativa baja viscosidad y la alta rata de cristalización cerca de los puntos de fusión.

La viscosidad de estos líquidos crece fuertemente debajo de su punto de fusión y, en consecuencia, la rata de cristalización decrece.

viscosidad del vidrio..

La viscosidad es la rigidez o la resistencia de los líquidos a fluir. Las moléculas de un líquido no son independientes unas de otras, pero se unen por juntas intermoleculares, aunque forman patrones desordenados o casuales. Para que un líquido fluya, debe de haber una ruptura constante y una reformación de estas uniones intermoleculares, y la viscosidad de el líquido es (inversamente) una medida de la facilidad con la que estos rearrreglos pueden tener lugar.

La viscosidad de un vidrio es una de las propiedades tecnológicas más importantes. Determina las condiciones de fundición, las temperaturas de trabajo y de recocido, el comportamiento de refinado (eliminación de burbujas de la mezcla), el uso de una mayor temperatura y la rata de cristalización. Las viscosidades de los diferentes vidrios varían enormemente con la composición y son fuertes funciones de la temperatura.

El modo en que la viscosidad de la mezcla de vidrio varía con la temperatura, es el factor más importante en la determinación de el proceso de formado que pueden ser usados en la fabricación de artículos de vidrio.

La viscosidad se mide en poises (1 poise = 0.1 Pa s $\text{Pa}=\text{N/m}^2$) -por ejemplo, el agua líquida tiene una viscosidad de como 0.01 poise a 20°C. A temperatura ambiente, el vidrio ordinario tiene una viscosidad de aproximadamente 10 a 20 unidades poise.

Si se le da el tiempo suficiente, el vidrio podría hacer todas las cosas que podemos esperar que haga un fluido. La viscosidad del vidrio a temperatura ambiente es tan alta de cualquier forma, que el tiempo que esto implica se mediría en miles de millones de años. Un vidrio que tenga 500 años o más manifiesta este fluir en el engrosamiento que presenta en su parte inferior y el adelgazamiento en la parte superior.

La viscosidad de los líquidos se incrementa conforme desciende su temperatura. La alta viscosidad indica que los átomos o moléculas en la mezcla no se mueven con facilidad en relación de unos con otros por los esfuerzos que se les aplican.

Ningún líquido fluye a temperaturas a las que se volverían tan viscosas como un vidrio. A una temperatura particular, dependiendo del material, se congelan. Esto es, experimentan un cambio de estado distinto y

discontinuo de líquido a sólido, como cuando el agua se congela para convertirse en hielo. Este cambio no sucede cuando el vidrio se enfría; el líquido simplemente se vuelve más y más viscoso hasta que se vuelve tan 'rígido' como un sólido ordinario.

Se definen cuatro niveles importantes a medida que se enfría el vidrio:

- 1.. punto trabajable, viscosidad = 10 a la 4 poises (10 a la 3 N.s/m cuadrado). En este intervalo de temperatura el vidrio se estira, se prensa, se sella o se forma con mucha facilidad.
- 2.. punto de ablandamiento, viscosidad = 10 a la 8 poises (10 a la 7 N.s/m cuadrado). A esta temperatura el vidrio aún se deforma bajo su propio peso.
- 3.. punto de recocido, viscosidad 10 a la 13 poises (10 a la 12 N.s/m cuadrado). Por encima de este punto el vidrio aún sufre fluencia lenta o 'creep' y se puede aliviar el esfuerzo por medio de la conversión de la deformación elástica en deformación plástica.
- 4.. punto de deformación, viscosidad = 10 a la 14.5 poises (10 13.5 N.s/m cuadrado). Por debajo de esta temperatura el comportamiento del vidrio es esencialmente elástico. No se puede presentar la deformación plástica permanente sin que ocurra fractura. La curva de expansión térmica de un vidrio recocido empieza a desviarse de la línea considerablemente a una viscosidad de alrededor de 10 a la 14 o de 10 a la 15 P.

Cualquier consideración para los procesos de fabricación debe comenzar con una revisión de la viscosidad de las mezclas de vidrio y su variación con la temperatura. En los procesos automáticos usados en la industria del vidrio, las máquinas de formado deben ser alimentadas con vidrio a una constante viscosidad, de otro modo se encontrarán variaciones dimensionales y otros defectos.

Podemos utilizar viscosidades más altas o más bajas para procesos específicos. Por ejemplo, el procesamiento rápido, como el soplado de una forma de vidrio, pueden requerir viscosidad menor (o más fluidez, que es el inverso de la viscosidad) Al contrario, un proceso más lento, como el prensado, se puede efectuar a una mayor viscosidad y en consecuencia a menores temperaturas.

A una temperatura máxima (1550 °C) en un horno de fundición de vidrio que produce vidrio de contenedores o vidrio plano, la mezcla tiene una viscosidad del mismo orden de la miel dorada a temperatura ambiente. A 500 °C, el mismo vidrio tiene una viscosidad tan alta que el material se comporta, bajo condiciones extremas, como un sólido elástico.

En el rango de temperatura entre 1500 y 500 °C, la viscosidad aumenta progresivamente conforme la temperatura cae. No hay discontinuidad inmediata.

Casi todos los artículos de vidrio se moldean mientras el material se está enfriando. La superficie del vidrio está consecuentemente a una menor temperatura que el interior; y con esto, tiene una viscosidad más alta. Así un segundo factor que es de primordial importancia en todos los procesos de fabricación de vidrio es la transferencia de calor entre el vidrio y sus alrededores, ya que la rata de transferencia de calor determina la magnitud de los gradientes de temperatura.

En el horno de fundición la viscosidad de la mezcla está en el rango de 100 -1000 poises. Al comienzo de casi todos los procesos de moldeo el vidrio tiene una viscosidad de alrededor de 10 a la 4 Poises. Durante el proceso, las fuerzas se aplican al vidrio y el calor se extrae de él. El proceso debe operarse en tal forma que, cuando la máquina suelta el objeto, la viscosidad de las capas de la superficie debe ser lo suficientemente alta para que el vidrio no se deforme bajo su propio peso. El artículo de vidrio es recocido a continuación. La especificación del programa de temperatura de recocido requiere de información en la variación de la viscosidad del material con la temperatura.

A altas temperaturas, la viscosidad de la mezcla es baja y varía muy poco con la temperatura. A más bajas temperaturas hay un rápido crecimiento de viscosidad con la caída de la temperatura. Este vidrio se endurecería muy rápidamente conforme se enfriara y sería muy difícil el controlar el proceso de formado. Esto no necesariamente quiere decir que tal vidrio no sería de interés práctico. Algunos vidrios que tienen valiosas propiedades ópticas y eléctricas tienen viscosidades similares o menos favorables; y son, por lo tanto, poco adecuados para los procesos comúnmente usados en la industria. De cualquier modo, las formas se pueden moldear por medio de colar bloques en un molde, recociendo, y luego produciendo la forma deseada de el bloque enfriado por medios mecánicos; esto es, esmerilado o brufiando, cortando y fresando o barrenado. También algunos vidrios, por ejemplo los llamados 'vidrios de soldadura', y los esmaltes vitreos son requeridos sólo en la forma de polvos o gránulos. Son, por lo tanto, fundidos para formar capas en un sustrato sólido. Las consideraciones relevantes para determinar la temperatura de viscosidad conveniente para los materiales de estos tipos es completamente diferente de las que se aplican en la manufactura de objetos de vidrio huecos o de vidrio plano.

En el caso de 'el silicio fundido', a la temperatura necesaria para fundir la arena de cuarzo, 1700 ° C, el SiO₂ líquido está un poco viscoso, y para el tiempo que el SiO₂ líquido ha sido subenfriado a 1300 °C la viscosidad

está ya en la cercanía de 10 a la 12 poises, muy rígido para el formado conveniente por soplado o estirado. La adición de ciertos óxidos metálicos, tales como sosa (Na_2O) y cal (CaO), al SiO_2 , baja la viscosidad (y la temperatura requerida para fundir los materiales) a niveles más prácticos. El vidrio normalmente se trabaja a viscosidades de 10 a la 3 a 10 a la 6 poises.

La razón de que la adición de óxidos metálicos baje la viscosidad es que el ion metálico ocupa el espacio en la red y esto rigidizarla la estructura. Cada ion metálico remueve una de las uniones de un átomo de oxígeno de la red básica de SiO_2 . Como resultado la estructura está mejor asegurada con los iones metálicos presentes y por lo tanto está menos rígida o viscosa.

fluidez del vidrio sobre un plano horizontal..

La fluidez del vidrio en la parte de el horno de fundición de vidrio en donde el vidrio se lleva a la correcta temperatura y desde ahí a la viscosidad correcta para alimentar a la máquina formadora de vidrio. En esta sección del horno el vidrio es alimentado como una capa relativamente poco profunda a lo largo de un canal fabricado con ladrillos refractarios. Este canal es de varios metros de largo y la provisión se hace para aplicar al vidrio calentamiento y enfriamiento controlado conforme pasa a través del canal, para que al final, la temperatura del vidrio tenga el valor requerido y los gradientes de temperatura dentro del vidrio se hayan reducido al mínimo. El ancho del canal depende de el tipo de productos que se estén manufacturando. En un horno contenedor de vidrio, el ancho es usualmente menor de un metro, pero en una fábrica que produce vidrio plano, el canal es un poco más ancho que el listón que se está manufacturando, esto es, de varios metros.

transferencia de calor de el vidrio dentro de un molde cilíndrico..

Esto es, la fluidez en el vidrio, después de que los gradientes de temperatura se han producido en él por la transferencia de calor entre una carga cilíndrica de vidrio caliente y la superficie interna de un molde de metal, la temperatura del cual es considerablemente menor que la del vidrio.

Esta situación se encuentra en la manufactura de contenedores de vidrio, el vidrio de carbón se alimenta en el molde a una temperatura de aproximadamente 1100°C mientras la superficie interna del molde está inicialmente a una temperatura en el rango de $400^\circ - 450^\circ\text{C}$.

La cantidad de movimiento axial decrece hacia la pared. Cerca de la pared en donde el vidrio ha sido enfriado por contacto con el molde, la cantidad de fluidez axial en el vidrio es muy pequeña. Es mayor hacia el centro de la carga.

medida de la viscosidad..

El rango de viscosidad, el cual es de interés en la manufactura y usos del vidrio, es muy amplio (10 - 100 a la 13 poises) como ya se dijo, y no es posible hacer mediciones sobre la totalidad de este rango por ningún método.

Al medir la viscosidad de los vidrios, especialmente en la región de altas viscosidades en donde la viscosidad varía rápidamente con la temperatura, es importante el poner cuidados a atención a la medida de la temperatura.

variación de la viscosidad con la temperatura..

Un factor que puede contar por lo menos para una parte del incremento de temperatura es un cambio en la estructura del líquido con la temperatura, siendo la estructura más abierta conforme la temperatura crece. La interpretación de la relación temperatura-viscosidad en los líquidos es un sujeto que ha atraído un interés considerable. De cualquier modo, hasta ahora no ha surgido ninguna teoría, la cual sea generalmente aceptada por dar una cuenta satisfactoria de la viscosidad de mezclas en la formación de vidrio. En México el Dr García Colín lo ha estudiado parcialmente basándose en la termodinámica de procesos irreversibles.

variación de la viscosidad con el tiempo..

El rango de transformación es que la región de la temperatura en la que haya un cambio de comportamiento de casi-sólido a casi-líquido, conforme la temperatura del vidrio crece. Es una región en la cual, con el tiempo, ocurren los cambios en las propiedades del vidrio. Estos cambios siguen un cambio repentino en la temperatura. La estructura del vidrio es capaz de cambiar en respuesta al cambio de temperatura, porque los átomos constituyentes son lo suficientemente móviles; así el cambio en la estructura no es tan rápido como para hacer difícil el observar la rata de cambio en esas propiedades, las cuales son sensibles a la estructura. En este rango se pueden observar diferencias marcadas en el comportamiento mecánico del vidrio, dependiendo de la rata a la cual es sujeto y de los cambios en las fuerzas que se le aplican.

efectos de la composición de vidrio. .

La viscosidad de vidrios inorgánicos es muy sensible a cambios en su composición. Los vidrios existen con temperaturas de transformación en un rango desde bajo 0°C a aproximadamente 1100°C . Casi todas las composiciones comerciales de vidrio tienen temperaturas de transformación en el rango de 400 a 1100°C . Algunas de las tendencias observadas en los sistemas de boratos y silicatos (SiO_2 , GeO_2 y B_2O_3) se ve que

las viscosidades en cualquier temperatura dada, incrementan en el orden de los puntos de fusión (450 o C 1116 o C y 1723 o C respectivamente), y en los puntos de fusión, los valores de las viscosidades de las tres mezclas son alrededor de lo mismo. Los vidrios basados en silicio requieren temperaturas más altas para manufacturarse, que aquellas basadas en B2 O3. Muchos vidrios de boro pueden fabricarse fácilmente a temperaturas debajo de los 1000 °C. Estas composiciones forman mezclas muy fluidas, las cuales se vuelven homogéneas rápidamente. Por otra parte, los comercialmente importantes vidrios de silico requieren de temperaturas de fusión de al menos de 1400 °C. Aún a estas temperaturas sus viscosidades son relativamente altas y se requieren tiempos de fusión de varias horas para hacerlos lo suficientemente homogéneos.

La adición de pequeños porcentajes de óxidos de metal alcalino a SiO2 o a GeO2 reduce grandemente la viscosidad, pero en el rango de contenidos de álcalis encontrados en las composiciones comerciales el efecto de los cambios en el contenido de álcali es mucho menos bueno. Este es el efecto estructural de las adiciones de álcali al silicio: cada molécula de álcali añadida produce dos oxígenos no puente, por ejemplo el rompimiento de la red de silice. Parecería, de los resultados de la viscosidad, que el principal factor que determina la viscosidad de la mezcla de un silicato alcalino a una temperatura dada, es el número de tales rompimientos por unidad.

La sustitución de Na2O por CaO en una base molecular resulta en un marcado incremento en las viscosidades en todas las temperaturas. Porque el Na2 O y el CaO tienen pesos moleculares similares, cambios similares en la viscosidad se observan cuando la sustitución se hace en una base de pesos porcentuales. Las composiciones del vidrio plano y de contenedores también contienen cantidades significantes de MgO y Al2 O3. Es obviamente imposible el discutir, en una forma sencilla, las relaciones de viscosidad-temperatura en un sistema de cinco componentes. También es difícil el planear experimentos de los efectos de las composiciones en tal sistema.

Las razones del interés en las viscosidades son:

1. el deseo de optimizar la composición del vidrio en el sentido de producir un vidrio con propiedades mejoradas de trabajo para un proceso de manufactura particular. Así debe considerarse como deseoso el uso de un vidrio con una curva de viscosidad-temperatura un poco alta, en el deseo de incrementar la velocidad de producción.
2. siempre se está interesado en mantener una provisión de vidrio con viscosidad constante en las máquinas formadoras. Así es de primordial importancia el saber que tan sensible es la viscosidad a cualquier cambio en la composición del vidrio.

coeficiente de expansión del vidrio..

El valor de el coeficiente de expansión de un vidrio depende de el rango de temperatura sobre el cual es calculado. Debajo de Tg el gradiente de la curva de expansión crece poco a poco con el incremento de temperatura. Debajo de 0 °C, el coeficiente de expansión de algunos vidrios de óxidos varía marcadamente con la temperatura. El silicio vítreo muestra un coeficiente de expansión térmico negativo sobre un amplio rango de temperatura arriba de 7,8 o C. La adición de óxidos metálicos alcalinos a el silicio para dar las series de vidrios óxido de silicio alcalinos dan un marcado incremento de expansión térmica, el cual crece casi linealmente con el contenido de álcali. Los óxidos alcalino térreos tales como MgO y CaO también incrementan el coeficiente de expansión pero no tan marcadamente. Así la reposición de un óxido alcalino con un porcentaje equivalente de un óxido alcalino térreo reduce el coeficiente de expansión.

viscosidades y velocidades de cristalización de líquidos y formadores de vidrio

material—	punto de— fundición °C	refs. para— velocidad	temp. de— máxima velocidad °C	viscosidad— log a m.p. P	refs. para viscosidad
silicio vitreo SiO ₂	1734	35	1674	7.36	36
germano vitreo GeO ₂	1116	37	1020	5.5	38
pent- óxido de fósforo P ₂ O ₅	580	39	561	6.7	40
disilicato de sodio Na ₂ O.2 SiO ₂	878	41.41a 42	762	3.8	42
disilicato de potasio K ₂ O.2 SiO ₂	1040	41	930		
dióxido de plomo PbO.2 B ₂ O ₅	774	45	705	1.0	45

rango de cristalización.

El vidrio es un líquido rígido. Todos los líquidos excepto el helio líquido 'superfluido', tienen cierta viscosidad. Si a un líquido se le aplica una fuerza mecánica con una rapidez mayor de la fluidez del mismo para recuperar su forma, todo líquido se comportará como un sólido elástico. A temperatura ambiente, el vidrio común es tan viscoso que su fluidez sólo puede medirse con experimentos muy delicados, pero tiene la estructura y de hecho todas las propiedades de un líquido si se observa durante una escala de tiempo amplia y apropiada. Las propiedades del vidrio resultan ser las de esta estructura líquida.

Se dice que un líquido es subenfriado si se enfría debajo de el punto de fusión de los cristales grandes; pero si no se dan las condiciones para que estos cristales empecen a formarse, el líquido debe ser subenfriado muy por debajo de este punto de congelación teórico antes de que empiece la cristalización.

Se ha propuesto que esos líquidos subenfriados, y en particular los materiales de vidrio, deben considerarse dentro de - otro estado de la materia- en adición a los estados sólido, líquido y gaseoso de los que normalmente se trata. El vidrio es un fluido perfectamente normal, excepcional sólo porque su viscosidad es tan alta que sus propiedades de fluidez se muestran sólo dentro de un rango muy grande de tiempo.

No hay razón para creer que los primeros artículos de vidrio que fueron hechos hace cuatro o cinco mil años son más cristalinios ahora que el día en que fueron hechos.

Los líquidos subenfriados se dice que están en un estado metaestable. El principio básico es que si en un sistema físico pueden ser posibles varios estados, el estado más estable es el cual en el que la energía del sistema sea la mínima. Puede ser que el sistema alcance el estado de la mínima energía sólo pasando a través de un estado inestable intermedio de mayor energía de su estado presente. En ese caso, el estado presente se dice que es el metaestable. Si consideramos la energía potencial de un ladrillo soportado en una superficie horizontal; el estado de mínima energía es cuando el ladrillo está sobre su área, cuando su centro de gravedad está tan cerca de la superficie de soporte. La configuración de equilibrio de un vidrio es análoga a un ladrillo parado en su

canto. El ladrillo estará parado para siempre a menos que sea empujado lo suficientemente lejos de su punto de gravedad para pasar a través del plano vertical que incluye la línea de contacto entre una arista del ladrillo y la superficie de soporte. Para inclinar al ladrillo sobre su posición inestable, es necesario expandir trabajo, porque la inclinación inicial compromete la elevación de su centro de gravedad.

Como se dijo anteriormente, las moléculas de un líquido subenfriado están en casi la misma condición que la torre inclinada. Hay uniones intermoleculares entre las moléculas del líquido, y para que se forme un cristal estas uniones deben romperse y deben formarse otras uniones nuevas en el patrón regular de el cristal. El resultado final será una menor energía total para el sistema, pero las moléculas individuales no se percatan de la situación total. Para que una molécula suelte su unión en la configuración líquida, una cierta mínima energía debe estar disponible. Esta energía puede ser 'reembolsada' con amplios intereses cuando la misma molécula asuma una unión que requiera mucha menos energía en un cristal, pero el empuje inicial o energía de activación debe estar disponible para cruzar el obstáculo de energía. Si el líquido involucrado es muy viscoso, la energía de activación necesaria por unión podría ser muy alta para que el líquido se mantenga en el estado metaestable subenfriado por algún tiempo.

Casi todos los elementos y compuestos cuando se funden tienen una viscosidad parecida a la de el agua (1 poise) Cuando se enfrían, la cristalización ocurre muy rápido en o un poco más abajo de el punto de congelación. Hay, de todos modos, unos pocos materiales que forman mezclas que son considerablemente más viscosas.

Los materiales de los que se forman los vidrios pueden y de hecho se congelan (esto es, cristalizan en sólidos normales) bajo circunstancias apropiadas. De cualquier forma, si se enfrían muy por debajo de la temperatura a la cual ellos normalmente cristalizan, la viscosidad de el líquido se vuelve tan alta que los rearrreglos internos necesarios para la cristalización no podrían tener lugar - el líquido se ha vuelto demasiado frío como para congelarse. Una viscosidad de 10 a 13 poises se especifica como la dureza mínima que un líquido superenfriado debe alcanzar antes de considerársele como un vidrio. Un material que tenga una viscosidad menor que este mínimo se deformará bajo su propio peso en muy poco tiempo. Como los vidrios no cristalizan, experimentan otro tipo de congelamiento peculiar al mismo. Este ocurre cuando la viscosidad de el material alcanza aproximadamente los 10 a los 13 poises.

La forma en que el volumen de un peso dado de vidrio varía conforme el vidrio es enfriado se muestra en el diagrama. Empezando en A se tiene al vidrio como un líquido normal (esto es, arriba de el punto de fusión de los materiales formadores de vidrio) y se enfría hasta el punto B, que es el punto de congelación teórico. Si el material cristaliza habrá un decremento muy pronunciado de el volumen al punto C, después del cual el material cristalino continuará encogiéndose conforme decrezca la temperatura, pero con una proporción menor (por grado de enfriamiento), hacia D, que es el volumen a temperatura ambiente. De A a B, el líquido se ha contraído por dos métodos, la contracción térmica normal y la contracción configuracional se debe a que asume una estructura menos abierta. De C a D, el cristal, el cual experimenta ningún cambio configuracional, se encoge sólo por la contracción térmica normal (Debemos mencionar aquí que casi todos los materiales se encogen al cristalizar. El incremento en volumen cuando se forma el hielo de agua líquida es la excepción, no la regla). Si evitamos la cristalización y somos capaces de superenfriar el líquido, el líquido superenfriado continúa encogiéndose en la misma proporción, por grado de decremento de temperatura, como lo hizo el líquido normal. Ambos tipos de encogimiento siguen ocurriendo de A a E. En un punto x, la velocidad de contracción se calma, y debajo de ese punto continúa de E a F con la proporción que previamente se discutió para el cristal.

Lo que ocurre en la temperatura de transformación es que el vidrio se ha vuelto tan viscoso, que los cambios configuracionales que son necesarios para una estructura más densa no tienen tiempo de ocurrir. Estos cambios implican un rearrreglo de las uniones intermoleculares, y cuando el vidrio ha alcanzado una viscosidad particular, los cambios necesarios no pueden avanzar a la misma velocidad de la caída de temperatura. El punto interesante es que la viscosidad a la que esto ocurre, para velocidades de enfriamiento prácticas, es difícilmente la misma para todos los vidrios. 10 a 13 poises, aunque la temperatura tenga un rango desde -89 °C para la glicerina a más de 1000 °C para el vidrio de silicio puro.

- cristalización . .

Cuando un líquido se enfría hasta su temperatura de fusión, se forman grupos de unos cuantos átomos que funcionan como núcleos para la formación de cristales. Una vez formados estos centros, llamados de nucleación, crecen hasta que se solidifica todo el material. Parece ser que en muchos líquidos complejos, la nucleación es lo suficientemente lenta para permitir la formación de vidrio, aunque no existe evidencia directa como para sostener esta afirmación.

La posibilidad de alcanzar el estado vítreo depende, en primer lugar, del número de núcleos y, en segundo lugar, de la velocidad de cristalización. Los núcleos se forman solamente para subenfriamientos notables, alcanzan un máximo en cuanto a su número para descensos de temperatura posteriores y dejan de formarse a temperaturas

aún más bajas. La viscosidad, que es entonces muy elevada, no permite ya la formación de núcleos observables. Esto está relacionado con la pequeña velocidad de cristalización a causa de la elevada viscosidad. La cristalización empieza inmediatamente por debajo del punto de fusión teórico del cristal de la misma composición y crece al aumentar su enfriamiento.

En un proceso de cristalización se requiere que las moléculas se muevan para formar un arreglo periódico, lo cual depende grandemente de la facilidad que las moléculas del líquido tengan para moverse una sobre otras. En los líquidos de baja viscosidad se da este movimiento molecular con facilidad; en los metales y en las sales la formación de cristales es fácil.

Si han de formarse cristales en un líquido puro conforme se enfría, deben empezar como cristales muy pequeños. La devitrificación empieza en la superficie. Esto es consecuencia de la mayor actividad química de la misma, rica en cationes, frente al interior saturado en todas direcciones. La tensión superficial obliga a la superficie a tomar el volumen más pequeño, lo cual trae como consecuencia la aproximación de los átomos. Si se impide la contracción de la superficie, no se forman cristales. La cristalización se presenta en cuanto la superficie se hace móvil de nuevo. Como se dijo, en la superficie las impurezas son la fuente más importante de nucleación. Al enfriar desde el punto de fusión, las partículas de polvo se adhieren a la superficie del vidrio dando una nucleación. Otras impurezas como los álcalis como en la superficie, provocando que haya una tensión menor de superficie de aire en el vidrio y un acrecentamiento de nucleación. Esta es la razón de porque un pedazo de vidrio de silicio, cuando se ha tocado por los dedos, desarrolla una huella de cristalización en la superficie cuando se calienta fuertemente. La superficie ha sido contaminada por las sales minerales de los dedos. Así la superficie del vidrio debe protegerse de el polvo y de otras impurezas para prevenir la nucleación de cristales en la misma. Si se deja enfriar una masa fundida se alcanza finalmente la temperatura de la primera formación de cristales, siempre que el enfriamiento sea suficientemente lento.

devitrificación del vidrio de silice.

La adición de un 5 % de óxidos extraños origina a 1200 °C las cristalizaciones siguientes: los álcalis forman cristobalita, que se transforma inmediatamente en tridimita; los óxidos de berilio, magnesio, calcio, bario y zinc forman solamente cristobalita. Debe mencionarse la formación primaria de cuarzo en presencia de Li_2O , Na_2O , MgO , CaO y ZnO , a la que sigue una transformación en cristobalita. La devitrificación aumenta al crecer la temperatura y pasa a 100 °C por un máximo con sólo 0.1 % de Al_2O_3 . Las adiciones pequeñas de formadores de vidrio, como el B_2O_3 , y el P_2O_5 , restringen esta cristalización.

-devitrificación de los vidrios de plomo.

El poder de formación de vidrio del plomo es tan grande, que los cristales separados en las condiciones de trabajo de la industria del vidrio consisten solamente en cristobalita y tridimita. Estas se forman también casi exclusivamente en la superficie, pero no en los bordes de las burbujas internas. Si se sobrepasa la cantidad de potasio (11.6 %), disminuye la temperatura de equilibrio, y con ello la temperatura de máxima velocidad de cristalización, casi proporcionalmente al creciente contenido de potasio. Cuanto más por debajo esté el contenido de potasio del valor normal, tanto más intensa es la devitrificación. El punto de equilibrio para los pesados vidrios de plomo ingleses se encuentra, a 110 °C. Por encima de esta temperatura no se presenta apenas devitrificación.

Finalmente, se puede decir que.

Físicamente el vidrio es un material rígido, que se obtiene por subenfriamiento de un líquido a una temperatura en donde la viscosidad de el líquido exceda 10 a los 13 poises, pero sin que incurran cambios discontinuos en la viscosidad o en la estructura interna del mismo.

El enfriar más allá de la temperatura en donde esta viscosidad se alcanza tendrá muy poco efecto en la estructura interna del material, excepto para incrementar la viscosidad aún más; la viscosidad de un vidrio común a temperatura ambiente excede 10 a los 20 poises, y el material se comporta como un sólido elástico ideal. El vidrio no tiene un punto de fusión definido y su viscosidad, lo suficientemente elevada, evita la cristalización.

Químicamente es la unión de óxidos inorgánicos no volátiles resultantes de la descomposición y fusión de compuestos alcalinos y alcalinotérreos, arena y otros constituyentes del vidrio, que dan como resultado un producto con estructura atómica aleatoria. El vidrio es un producto completamente vitrificado, o cuando menos, un producto con una cantidad relativamente pequeña de material no vítreo en suspensión.

El vidrio tiene muchos usos debido a su transparencia, a su alta resistencia a el ataque químico, a su eficacia como aislante eléctrico, a su capacidad para contener un vacío, a su gran resistencia mecánica, gran facilidad de limpieza y de reciclaje.

El vidrio es un material frágil y una de sus características consiste en mostrar una resistencia a la compresión mucho mayor que su resistencia a la tensión. Las técnicas de fortalecimiento, la mayor parte de las cuales implica un preesforzado para introducir compresión superficial, se han desarrollado hasta el punto de que el vidrio puede emplearse en ambientes más áridos que antes.

propiedades físicas y químicas

Las propiedades físicas del vidrio y su resistencia química dependen de su composición.

- peso específico y densidad..

La densidad, la más banal de las propiedades de los cuerpos sólidos, merece en los vidrios un examen especial, puesto que la sabemos variable con el temple.

Hoy día, esta propiedad ha adquirido importancia porque puede servir para un método de control de la regularidad de la composición de un vidrio, a condición de que este vidrio esté perfectamente recocido; además porque se ha observado una relación cierta y precisa entre la densidad y propiedades ópticas muy importantes, tales como el índice de refracción y la absorción.

El peso específico real del vidrio sosa-cal corriente se aproxima a 2.5. Las densidades de los vidrios oscilan entre 2.3, que es la densidad de los vidrios ricos en ácido bórico y 6.3, que es la densidad de los vidrios pesados de plomo. Naturalmente, el vidrio que contenga burbujas será más ligero. Su relación entre peso y volumen - no su peso específico real -, es 1.5. El vidrio cuando se encuentra en estado líquido, es más ligero que cuando se encuentra en estado sólido. El vidrio bien enfriado posee un peso específico que es algo superior al que ha sido enfriado repentinamente, porque cuando el enfriamiento es muy lento el vidrio es más compacto.

- propiedades mecánicas..

Muchas de las propiedades más comunes del vidrio son consecuencia directa de el estado vídrioso.

Debido a que el vidrio se encuentra en un estado metaestable, en realidad existen rearrreglos translacionales moleculares aún debajo de la temperatura de transición vítrea. Esto es evidente en los espejos antiguos, que han estado en la misma posición vertical y en los que se ve claramente que la parte baja es mucho más ancha que la alta. Esto se debe a que el vidrio ha fluído por su propio peso.

El vidrio se comporta como un fluido newtoniano bajo razones de deformación bajas, como en el ejemplo anterior. Por otro lado, cuando un vidrio es cargado rápidamente se comporta como un sólido y sigue a la ley de Hooke hasta la ruptura. Precisamente, su comportamiento ante la fractura es una de las limitantes principales, si no es que la principal, en las aplicaciones y usos del vidrio.

En masa el vidrio aparece casi como completamente rígido, pero en estas delgadas capas o fibras es de hecho completamente flexible, teniendo en cuenta de que el radio de curvatura es grande comparado con el espesor del vidrio.

Como se vió anteriormente, la unión de oxígeno-silicio es muy fuerte, por lo que el vidrio debe ser un material muy fuerte. En principio esto es cierto. Las fibras de vidrio recientemente formadas, soportarán cargas de 70 000 kg / cm² o más. Esto es cinco veces lo obtenido con los mejores aceros; y es doblemente lo que aún en teoría soporta el acero. La resistencia práctica de los materiales, de cualquier modo, es grandemente afectada por defectos que los llevan a cuartearse, siendo la resistencia real de el vidrio ordinario, menor de 1/100 de el valor teórico calculado de la resistencia de las uniones interatómicas.

Las propiedades mecánicas del vidrio tienen una gran y evidente importancia. Efectivamente, de la dureza, de la resistencia a los choques y a las presiones, dependen la mayor parte de las aplicaciones de los objetos de vidrio. Resistencia de los vidrios de ventanas, claraboyas, etc; a los choques, a la lluvia y al granizo; resistencia de las botellas y frascos a las presiones internas de los líquidos que contienen; resistencia de los vidrios empleados en la construcción; tales son alguna de esas propiedades de uso corriente que deben reunir los objetos de vidrio. Por último, incluso en las fabricaciones más delicadas, en las que parece que las cualidades mecánicas tengan poca importancia, intervienen también en: vidriería óptica, la facilidad del pulido depende directamente de la dureza del vidrio.

Cuando se considera la resistencia de un artículo en particular de vidrio, deben considerarse factores adicionales, como por ejemplo que la resistencia de un artículo probablemente decrecerá durante su uso como resultado de daño de su superficie.

- resistencia al rompimiento y a la presión..

El vidrio es débil a la tensión, aunque es muy fuerte a la compresión, en donde los esfuerzos no llevan a cuarteaduras.

La resistencia al rompimiento, llamada también muchas veces resistencia a la tracción, aunque no sean idénticos ambos conceptos, varía mucho, y es aproximadamente de 4 - 8 kg/mm²; es decir, que es proporcionalmente pequeña. La cal aumenta mucho la resistencia a la tracción; el óxido bórico lo hace aproximadamente en un 15 % y siguen después, disminuyendo por este orden, óxido de bario, arcilla, óxido de plomo, potasio y sodio.

La resistencia a la compresión del vidrio es sensiblemente mayor, puesto que es de 60 - 120 kg/mm². La alúmina aumenta esta resistencia; pero los demás óxidos no tienen una gran influencia, sólo los alcalinos la disminuyen bastante. Los distintos componentes del vidrio actúan casi a la inversa de como lo hacen sobre la resistencia a la rotura.

Un ingeniero teniendo que usar un material frágil en un componente de soporte de cargas tratará de asegurarse que los esfuerzos en el componente sea de compresión. Bajo agua el vidrio está sujeto a una presión hidrostática uniforme.

Otra característica importante de la resistencia de tensión de los vidrios o muestras de vidrio, fabricados al mismo tiempo y tratados del mismo modo, casi siempre muestran una variación considerable. Un coeficiente de variación de 10-15 %, no es inusual. Un vidrio de fundición mala, contendrá inhomogeneidades químicas, como resultado de lo cual el coeficiente de expansión térmica, variará considerablemente de punto a punto. Se producirán esfuerzos internos conforme el vidrio sea enfriado a temperatura ambiente y esto reducirá seriamente su resistencia.

-resistencia a la flexión y tracción..

Las propiedades mecánicas de los vidrios son muy diferentes a las de los metales, a consecuencia de la desaparición del alargamiento permanente. El límite de elasticidad se confunde con el coeficiente de tenacidad o carga de ruptura y los vidrios se asemejan a cuerpos perfectamente elásticos. La elasticidad de los vidrios y por consiguiente también la tenacidad varían un poco con la temperatura, puesto que los vidrios conservan en estado sólido una cierta fluidez variable con la temperatura. Las dos propiedades conjugadas de elasticidad y de tenacidad están sometidas a una ley muy especial de los vidrios, la influencia del tiempo, la cual demuestra que la carga de ruptura y por consiguiente la tenacidad de los vidrios disminuyen bajo el efecto de la continuidad del esfuerzo, sin que haya, no obstante, alargamiento permanente.

124

La resistencia del vidrio a la flexión es de 8- 16 kg/mm², mientras que la resistencia a la flexión del vidrio de cuarzo es aproximadamente 7 kg/mm². La cal aumenta mucho la resistencia del vidrio a la flexión. Más o menos la aumentan también los demás óxidos aniónicos inorgánicos, con excepción de la alúmina que la disminuye mucho. La cal aumenta mucho la elasticidad del vidrio. Sus valores oscilan entre 5000 y 8000 kg/mm² (vidrio de cuarzo ~ 7200 kg/mm²). El vidrio muy tenso tiene una elasticidad algo menor.

Como fragilidad se conoce la propiedad de un cuerpo de romperse al sobrepasar ligeramente su límite de elasticidad. Hasta llegar a la rotura, toda variación de forma es elástica y sigue, por tanto, la ley de Hooke, es decir, la elongación es proporcional a la fuerza aplicada. Para esfuerzos que se prolongan durante mucho tiempo se produce fatiga, es decir verdadera plasticidad.

Por el choque se origina en el lugar del impacto una compresión y en la cara opuesta una tracción. La resistencia es, por tanto, mayor en el lugar del choque. Si el objeto de vidrio es tan grueso que la energía del golpe no alcanza a la cara opuesta, aquella actúa solamente sobre la superficie interna. Si en esta existen tensiones de tracción, entonces se rompe rápidamente el vidrio. Por esto, los vidrios bien enfriados rompen más difícilmente que los vidrios con tensiones. Los vidrios templados al aceite están sometidos a compresiones tan altas que únicamente se pueden romper con mucha dificultad.

Un vidrio libre de tensiones puede tener tendencia a la rotura a causa de un coeficiente de dilatación demasiado grande, de un calor específico demasiado alto y una resistencia a la tracción, elasticidad y conductividad térmica pequeñas.

Durante el moldeado del vidrio se forman las llamadas cuerdas térmicas que disminuyen la resistencia al choque. Las cuerdas térmicas existen en aquellos lugares de una masa vítrea en los cuales durante la elaboración se han mezclado unas con otras capas frías y capas calientes

Si se coloca una barra de vidrio con los extremos sobre un soporte y se carga en su parte media, la cara superior se encuentra sometida a una fuerza de compresión y la inferior a una fuerza de tracción

La resistencia a la tracción puede oscilar entre amplios límites. Al doblar una barra, la cara superior está sometida, naturalmente, a tracción y la inferior a compresión. Se puede aún aumentar esta diferencia por calentamiento local. De esta forma se obtuvieron valores para la resistencia a la tracción del vidrio borosilíceo de 15 kg/mm²; para el vidrio de plomo de 12 kg/mm². La resistencia a la tracción de barras de vidrio depende

estrechamente de la fuerza que se ejerció durante el estirado de estas barras. Las mayores resistencias se alcanzaron con barras estiradas empleando grandes esfuerzos. Así se puede elevar la resistencia hasta en un 50 %. Esto es válido también para el vidrio de sílice.

La resistencia a la tracción según la composición química disminuye linealmente al substituir el K_2O por Na_2O , aumenta al substituir el SiO_2 por álcali, sobre todo si este es K_2O . El CaO , cantidades no muy grandes de BaO y por último, el PbO la aumentan; la influencia de MgO y ZnO es pequeña. El B_2O_3 presenta también en este caso un máximo. El Al_2O_3 da una resistencia a la tracción mayor y el Fe_2O_3 la disminuye.

La resistencia a la flexión para sobrecargas de larga duración es pequeña. En la influencia de la composición química sobre la resistencia a la flexión de barras de vidrio se observa el siguiente orden de los óxidos: CaO , BaO , PbO , ZnO , MgO , B_2O_3 , Fe_2O_3 , SiO_2 , Al_2O_3 . Los álcalis no son fáciles de ordenar. Para formarse un juicio sobre esta serie hay que tener en cuenta que está determinada por el resultado de la substitución del SiO_2 por otros óxidos en un vidrio base de 82% SiO_2 y 18 % Na_2O . La resistencia al desgarramiento y la resistencia a la flexión son proporcionales entre sí. Sin embargo, esto no se cumple para la resistencia al desgarramiento y a la compresión.

Con frecuencia se designa especialmente el vidrio de sílice como el cuerpo más elástico, como la materia sólida típica. Teóricamente debería poder ser estirado hasta el doble de su longitud, pero a esto se opone su pequeña resistencia a la tracción.

-dureza del vidrio.

La dureza se caracteriza diferentemente según la naturaleza de los ensayos que sirven para medirla, los cuales son muy numerosos.

Si se trata de situar al vidrio en la escala de dureza, se encontrará que ésta se halla entre 5-7 grados, poseyendo el vidrio corriente una dureza 6 y no pasando casi nunca el vidrio de cuarzo de 7. El vidrio de cuarzo es algo más blando, o menos duro que el cuarzo cristalizado. Las modernas investigaciones han permitido obtener vidrios muy duros, en especial cuando contienen óxido de berilio.

Según la escala de Mohs los siguientes minerales tienen dureza: piedra de yeso 1, sal marina 2, calcita 3, cuarzo 7, topacio 8, diamante 10.

En uno de los métodos para juzgar la calidad del vidrio se emplea la dureza al esmerilado o desgaste que tienen mucha importancia práctica para el esmerilado y grabado del vidrio. El vidrio de plomo es más blando que los de óxido de bario y éstos más aún que los vidrios de cal. La adición de una pequeña cantidad de ácido bórico aumenta la dureza al desgaste.

Como se dijo anteriormente, estas propiedades del vidrio las aprecian con gran sensibilidad los cortadores, esmeriladores y grabadores. No deben ser confundidas con lo que se quiere decir al hablar de dureza en otras ramas de la técnica del vidrio. Así, en la fusión, se habla de un vidrio 'duro' o de un 'vidrio muy duro' cuando se tiene un vidrio difícil de fundir.

-transparencia..

La transparencia de un vidrio deriva de su estructura líquida básica. Es común para los vidrios el ser transparentes, mientras que la transparencia es relativamente rara en los sólidos. No todos los líquidos, y de hecho no todos los vidrios, son transparentes. Para explicar este punto, debe decirse algo de la naturaleza de la luz. Se puede pensar en la luz como un fenómeno particular o de ondas (esto es, compuesto de un haz de paquetes discretos de energía, llamados fotones). En la teoría moderna, las dos descripciones son completamente equivalentes. Se tomará la descripción de la luz como una haz de fotones. Cuando la luz cae en una masa de metal, la energía de cada fotón es absorbida y rápidamente re-radiada por los electrones libres dentro del metal. Estos electrones están libres en el sentido de que pueden absorber o soltar energía en un amplio rango, en particular sobre el rango requerido para absorber y reradiar luz. El metal refleja la luz que cae en su superficie. En los vidrios típicos, los electrones no están libres en este sentido; están unidos rigidamente a niveles de energía particulares, y el tipo de reflexión metálica no ocurre; pero el vidrio absorbe la luz de longitudes de onda particulares; esto es, colores particulares de luz. El vidrio común es, de hecho, opaco a las longitudes de onda en el infrarrojo y ultravioleta del espectro por esta razón.

Hay una cantidad definida de energía por fotón, que crece conforme la longitud de onda de la luz decrece; esto es, los fotones de luz violeta contienen más energía que los fotones de luz roja. Puede ser que un fotón de luz de un color particular puede ser justamente la cantidad exacta de energía para excitar uno de esos sistemas vibratorios

desde un modo de vibración a otro modo más energético. Si es así, los fotones de esa frecuencia serán absorbidos por el material, y la energía absorbida no necesariamente será re radiada inmediatamente o a la misma frecuencia. El material entonces absorberá el color particular de la luz concerniente.

Los vidrios comunes no tienen los sistemas de energía que puedan aceptar el rango de energías representadas por fotones de luz visible, aunque no absorben ni la radiación ultravioleta ni la infrarroja. El hecho de que los vidrios comunes no absorben la luz se debe no al carácter inherente del vidrio, sino a una cuidadosa selección de materiales. Pequeñas cantidades de ciertas impurezas producen un vidrio opaco o mateado. El óxido de hierro que produce colores verdes y cafés, es en la práctica la impureza más problemática de este tipo.

El vidrio común, entonces, no refleja luz en sentido del metal, ni absorbe la luz visible. Así como las masas de metal no pueden formar vidrios, ni las precondiciones para la transparencia son consecuencias necesarias de el estado líquido o vídrio. Aún hay más: la estructura de el vidrio o de cualquier líquido es irregular, las moléculas individuales son mucho más pequeñas que las longitudes de onda de la luz visible. Así de hecho no hay estructuras lo suficientemente grandes para obstruir el paso de la onda de luz. La longitud de onda de la luz visible es desde aproximadamente 4000 a 7000 angstroms. Las moléculas individuales de vidrio tienen un tamaño de aproximadamente de 2 a 3 Å. Una onda de luz no es obstruida por ninguna de estas moléculas o por un espaciado irregular de tales estructuras; así como una ola del océano no es obstruida por una piedrecilla en la playa. Para la luz, el antirreflejante, antirabsorbente vidrio es simplemente otro tipo de espacio. Es un espacio lleno con partículas cargadas, los electrones y los protones que forman a los átomos individuales. La luz es una perturbación electromagnética en el espacio, y esa perturbación, no viaja tan rápido a través de un espacio lleno con partículas cargadas como a través del vacío. El radio de la velocidad de la luz en el vacío a su velocidad en el vidrio, se llama índice de refracción, y tiene un rango de 1.5 a 1.9 para diferentes tipos de vidrio común. Cuando la luz pasa el límite entre medios de índice de refracción diferentes, como del aire al vidrio, una cierta cantidad de luz es reflejada en el límite. La cantidad reflejada depende de la diferencia en el índice de refracción de los dos medios; para el vidrio común, como el cuatro por ciento de la luz incidente es reflejada en cada límite de aire-vidrio.

Un fluido, incluyendo al vidrio, no tiene límites internos o discontinuidades. Conforme la luz pase completamente a través de un pedazo de vidrio, se encuentra sólo con dos límites ópticos, el primero al entrar el vidrio y el segundo al salir. De un ocho a un diez por ciento de la luz puede perderse por reflexión en estos dos límites, pero casi todo el resto pasa con seguridad a través de él. Es raro para los sólidos cristalinos en masa el poseer este tipo de homogeneidad interna. Un cristal simple puede ser muy transparente, pero los sólidos en masa están formados por millones de cristales simples y conforma la luz pasa los límites de estos cristales, algo de la luz se pierde por reflexión en cada límite, y el material es efectivamente opaco. Es entonces la homogeneidad interna del vidrio, la que es típica de los vidrios pero no de los sólidos.

-propiedades eléctricas. .

Las propiedades de conductibilidad eléctrica, ligadas al estado de solución sólida, difieren profundamente de la resistividad y de la conducción de las sustancias metálicas.

Las propiedades eléctricas del vidrio están dominadas por dos hechos:

- 1...La débil conductividad del vidrio y por consiguiente su poder aislante de donde resultan las numerosas aplicaciones del vidrio como dieléctricos, base de la industria de los aisladores;
- 2...El carácter electrolítico de la conductibilidad.

Los materiales que forman vidrios fácilmente se caracterizan por fuertes uniones interatómicas y direccionales. Los electrones de el exterior de los átomos individuales están restringidos a estas uniones, y así no son libres para conducir una corriente eléctrica, como los electrones de unión de los metales en masa lo hacen. Los vidrios tienen una alta resistencia eléctrica y son, para propósitos prácticos, aisladores eléctricos. Por otro lado, los vidrios comunes contienen iones metálicos, que si están libres para moverse, pueden conducir una corriente. Así el vidrio común es un aislante sólo si su viscosidad es tan grande que los iones metálicos estén unidos en un lugar del vidrio y no estén libres para moverse. La resistencia eléctrica del vidrio decrece conforme la viscosidad decrece; esto es, conforme la temperatura se eleva. A elevadas temperaturas, el vidrio puede transportar una corriente eléctrica apreciable.

Es posible calentar al vidrio por medio de pasar corriente a través de el material fundido. La fundición eléctrica de materiales formadores de vidrio puede usarse en donde se necesite mucho cuidado para evitar la contaminación y para controlar el proceso detalladamente, como por ejemplo en la producción de vidrio óptico.

Las propiedades eléctricas del vidrio son de interés particular en donde el vidrio sea usado en aparatos eléctricos

que operan a temperaturas arriba de la temperatura ambiente. Los tubos de electrones, en donde la temperatura interna puede ser de varios cientos de grados sobre la ambiente, son un ejemplo. También al hacer 'tenazas', que son pequeños pedazos de vidrio usados para espaciar los alambres en un tubo de electrones, la conductividad de el vidrio, que opera a una elevada temperatura, asume algo de importancia.

-conductividad y electrólisis..

La electrólisis es función del transporte de los iones en la masa del vidrio, y en relación directa con la maleabilidad del vidrio, es decir, su viscosidad. Este transporte es prácticamente nulo a la temperatura ordinaria; no hay pues electrólisis, ni conductibilidad. Cuando la temperatura se eleva, la viscosidad disminuye rápidamente, y el desplazamiento de los iones se puede efectuar, el vidrio sería pues menos aislante a alta temperatura. A partir de el punto de ablandamiento del vidrio, por encima de 500 grados, los fenómenos de electrólisis son muy sensibles. Estos explican que se haya podido formar pilas de gas en las que una delgada capa de vidrios era el electrolito. El vidrio puede actuar como un metal que bajo la acción de la corriente puede desplazarse en los vidrios y el paso de la corriente corresponde a una verdadera electrólisis.

Respecto a la conductividad en los vidrios:

- 1....El temple disminuye de un modo considerable la resistencia eléctrica de los diferentes vidrios.
- 2....Es preciso un recocido prolongado para hacer desaparecer la disminución de resistencia debida al temple; un recocido moderado no hace desaparecer sino parcialmente el efecto del temple.
- 3....Tras el recocido, la resistencia continúa aumentando durante algún tiempo, como para acercarse a un estado de equilibrio, mientras que la resistencia de un vidrio templado permanece invariable.

-propiedades termodinámicas. . coeficiente de expansión térmica

El coeficiente de expansión térmica es la fracción de la longitud original a 0 °C, que un material incrementa por aumento de grado centígrado en temperatura. El rango normal es de 60 a 90 por 10 a la -7m para casi todos los vidrios.

Para aplicaciones en que se esperen choques térmicos, el vidrio templado ofrece alguna ventaja, ya que la superficie ya está bajo compresión. El problema se ataca por medio de usar vidrios con bajos coeficientes de expansión térmica. El vidrio de 96 % de silicio tiene un coeficiente de expansión térmico de sólo 8 por 10 a la -7 y el vidrio ordinario un coeficiente de 90 por 10 al a-7m. Para un servicio menos demandado, los vidrios borosilicatos con un coeficiente de 32 por 10 a la -7m son satisfactorios y donde se requiera una excelente resistencia a la corrosión, combinada con resistencia a shock térmico los vidrios aluminosilicatos (42 por 10 a la -7 m) son usados.

entalpía

Para una substancia que forma vidrio, el cambio del material al estado vítreo está marcado por una discontinuidad en propiedades termodinámicas como la capacidad calorífica, la entalpía, el volumen entre otras. A esta discontinuidad se le llama 'punto de transición vítreo'. Este ocurre a temperaturas más bajas en comparación con un enfriamiento rápido. Este comportamiento es lo que diferencia a los vidrios de otros materiales.

-influencia de la composición química sobre la resistencia del vidrio..

No hay nada en el estado vítreo que garantice la estabilidad química. El vidrio de silicio-sosa, por ejemplo, es bastante soluble en agua, y este vidrio de agua tiene aplicaciones muy limitadas. Por medio de una correcta selección de materiales, los vidrios de muy buena durabilidad química pueden ser preparados. Para aplicaciones en donde la resistencia a la corrosión sea requerida, el vidrio es usualmente el material escogido.

El principal defecto a evitar será la permeabilidad. Es un hecho bien establecido que los vidrios se dejan atravesar por el vapor de agua. Deben ofrecer una resistencia especial a los agentes atmosféricos. Son atacados por la lluvia, la humedad, el gas carbónico, y en las ciudades, por los agentes de corrosión, tales como los ácidos sulfuroso y sulfúrico, el hidrógeno sulfurado y el amoníaco.

De cualquier forma, una ventana expuesta al medio ambiente no se corroe fácilmente ya que la capa de agua en la superficie del vidrio no está estática por largos períodos por lo que no hay tiempo suficiente como para que se le extraiga el álcali necesario como para corroerse. Es posible, pero sería antieconómico, el fabricar ventanas y contenedores de composiciones resistentes a estas condiciones poco favorables. Es más razonable el evitarlas.

El vidrio de silicio puro no es atacado por agua y resistirá casi todos los ácidos. El silicio puro es atacado por las soluciones alcalinas y los vidrios comunes (sosa-silicio-cal) contienen las semillas de su propia destrucción. En una superficie limpia de vidrio de silicio, existen enlaces Si-O- y Si- vacantes, que reaccionan rápidamente con distintos agentes, como el agua. La adsorción de la misma a la superficie del vidrio seguida por una reacción de

intercambio de bases entre los iones de hidrógeno suministrados por el agua y el sodio en el vidrio. Es decir que cuando se expone el vidrio al agua, ésta disuelve los iones de sodio y los pone fuera de la superficie del vidrio para formar el hidróxido de sodio alcalino. Siempre se forman grupos silanol (SiOH) sin importar cómo o dónde se lleve a cabo la quimisorción, y además cuando esto ocurre en un enlace $=\text{Si}-\text{O}-\text{Si}=\text{}$ se rompen los enlaces que forman la parte fundamental de la estructura de los vidrios de silicio.

Es decir, la solución alcalina formada empieza a romper la red de silicio.

Subsecuentemente productos cristalinos de composición complicada se precipitan de la solución en la superficie del vidrio.

Resumiendo:

Primero, una molécula de agua hace camino hacia la abertura de la fractura y adsorbe la punta de la fractura. Los electrones sobrantes de el átomo de oxígeno en la molécula de agua empiezan a formar una unión con los orbitales desocupados del electrón de un átomo de silicio. Mientras tanto uno de los átomos de hidrógeno de la molécula de agua es atraído a un átomo de oxígeno en la cadena de silicio-oxígeno. En el siguiente paso del proceso las uniones recientemente formadas se fortalecen mientras que la unión original de oxígeno se debilita. Eventualmente, el hidrógeno de la molécula de agua se transfiere al oxígeno en la cadena y la cadena silicio-oxígeno se rompe. Finalmente, la molécula de agua y la unión original silicio-oxígeno se dividen y son reemplazadas por dos grupos silanol \langle grupos hidroxil unidos a silicio \rangle . La fractura ha avanzado un paso atómico. El proceso entero se llama quimiadsorción disociativa.

Poco tiempo después, la reacción química entre el silicio y el agua reduce la cantidad de energía que debe suministrarse para hacer que la fractura se extienda. La unión altamente estable de silicio-oxígeno ha sido reemplazada por dos grupos de reacciones igualmente estables, los grupos de superficie silanol. Como la energía consumida por la reacción química es igual a la diferencia entre las energías de los complejos primarios y finales, puede verse que la ruptura de uniones de silicio-oxígeno por agua requiere de sólo 78 calorías por gramo, en oposición a las 1300 calorías por gramo que se requieren en el vacío. Los ambientes que promueven el crecimiento de fracturas en SiO_2 deben tener estructura y enlace similar al del agua, es decir, orbitales vacíos en una porción de la molécula y donadores de protones en otra parte. El vidrio común expuesto al agua desarrolla una superficie rica en silicio y pobre en sosa que protege al vidrio, o al menos disminuye el ataque a donde no tenga futuras consecuencias para casi todos los propósitos prácticos.

Aunque el ataque de los contenidos a los contenedores de vidrio raramente presenta problemas, se tiene que recordar que pequeños rastros de materiales extraídos de el vidrio pueden tener serios efectos. La aplicación más importante es en el uso de ampollitas para medicinas. Se debe tener cuidado también en la selección de esmaltes que algunas veces se usan para decorar los bordes de vasos para beber. En el pasado muchos de estos contenían un alto porcentaje de óxido de plomo. Estos deben evitarse ahora, o por lo menos es necesario el asegurarse de que la taza de extracción del plomo del esmalte no sea tan alta como para exponer al usuario al riesgo de envenenamiento por acumulación de plomo. Si estos contenedores se usan para líquidos que sean un poco ácidos, la extracción de plomo puede ser considerable.

Los vidrios de óptica en particular deben ser especialmente resistentes, pues toda alteración de su superficie los hace menos transparentes y modifica sus cualidades ópticas. Estos vidrios son menos durables que las composiciones de contenedores y de vidrio plano, aunque están formulados principalmente por sus propiedades ópticas, siempre es necesario el asegurarse que son lo suficientemente durables para soportar el ataque atmosférico en cualquier parte del mundo que sean usados. Esta consideración tiene un efecto importante en la formulación de la composición del vidrio.

Un crítico ejemplo de la formulación de la composición del vidrio que sea resistente a la filtración de constituyentes peligrosos, proviene de el proyecto de almacenar desechos radioactivos de reactores nucleares en vidrio esto por medio de fundir los desechos con otros óxidos.

Hay vidrios que se han desarrollado para soportar ataque muy severo, por ejemplo, vidrio para tubos de indicadores de nivel de boilers, vidrios resistentes al sodio para lámparas de descarga de vapor y fibras de vidrio para reforzar el cemento. Cualquier ataque en las fibras resulta en la pérdida de fuerza y el efecto de reforzamiento se deteriora. Para los vidrios empleados como aislantes eléctricos, la disolución superficial del vidrio por la humedad atmosférica crea una capa conductora que disminuye el poder aislante del vidrio y evidentemente, los vidrios destinados a contener gases o líquidos deben ser impermeables a estas substancias.

La resistencia a la corrosión de los vidrios decrece conforme aumenta la temperatura, y es de particular importancia el recocer un vidrio en una atmósfera libre de cualquier contaminante peligroso.

Además del agua algunos gases como el hidrógeno y el oxígeno reaccionan con la red vítrea, rompiéndola y modificando propiedades como resistencia y viscosidad de una forma parecida a como lo hace el agua. La quimisorción de gases en la superficie y en las puercas de las fisuras puede contribuir a la ruptura de enlaces interatómicos. El hidrógeno y el oxígeno dentro del vidrio determinan su estado de oxidación y pueden reducir u oxidar iones en el vidrio.

Al agregar alcalinos al vidrio los enlaces O-Si se debilitan y por lo tanto, se incrementa su tendencia a la oxidación.

La facilidad para la oxidación se puede interpretar en términos de la resistencia del enlace entre el ión y los iones de oxígeno terminales. Conforme se incrementa el diámetro del ión, el enlace oxígeno-alcali se debilita, por lo que los oxígenos estarán más susceptibles para coordinarse con iones multivalentes por lo que se favorecerá al ión con carga más alta.

Podemos afirmar que para que exista interacción entre red vítrea y algún gas se requiere de que:

- 1... La molécula de gas sea capaz de reaccionar con algún o algunos elementos de la red.
- 2... El gas debe difundirse dentro del vidrio para estar en los sitios donde puede reaccionar.

- fragilidad y fracturas . .

El vidrio es un cuerpo quebradizo que no experimenta por la presión, choque o golpe, cambios sensibles de forma, sino que se quiebra por cualquiera de estas acciones. Se la puede definir como la ruptura de un objeto de vidrio bajo el choque de un cuerpo de dureza, densidad y masa conocidas, animado de una velocidad determinada. Para la medida de esta propiedad se emplea la resistencia a la percusión, determinada por distintos procedimientos. Se ha visto que la influencia de los distintos componentes del vidrio sobre esta propiedad no es muy clara, pero que sus defectos tienen mucha influencia sobre la fragilidad del vidrio, como la falta de homogeneidad de la masa del vidrio, y en los vidrios turbios el número, magnitud y forma de las partículas separadas.

Como ya se ha explicado, las imperfecciones de un vidrio recocido común originan que sea poco resistente (1/10 del valor teórico calculado de la resistencia de las uniones interatómicas). Los defectos actúan como multiplicadores de esfuerzo y dan lugar a que este valor sea suficiente para el inicio de una fractura.

Es muy importante la química de las superficies en relación con el comportamiento mecánico de los materiales frágiles. La superficie de los vidrios está expuesta a abrasivos y químicos que forman pequeñas fracturas y promueven su crecimiento, reduciendo la resistencia del vidrio.

Uno de los químicos más potentes es el agua, que presenta una amenaza severa porque siempre está en la atmósfera.

Las reacciones químicas entre la superficie del vidrio y las especies adsorbidas se dan, en su mayoría, en sitios de alta energía superficial. La punta de fisuras o la vecindad de impurezas son lugares más reactivos que otros. El transporte de agua u otros reactivos puede limitar la propagación de fracturas lentas, de manera que existe una relación muy directa entre el crecimiento lento de una fisura y la difusión de las especies reactivas dentro del material.

Los ambientes que promuevan el crecimiento de fracturas en SiO₂, deben tener estructura y enlace similar al del agua, es decir, orbitales vacíos en una porción de la molécula y donadores de protones en otra parte. La amonía y el metanol crecen la velocidad a la que las fracturas crecen en el silicio. La amonía es un poco más agresiva que el agua en la ruptura de fuertes uniones silicio-oxígeno y también provoca que las fracturas crezcan un poco más rápido que cuando es el agua la que las provoca. El metanol es también más agresivo que el agua en la ruptura de uniones fuertes de silicio-oxígeno, pero es cinco órdenes de magnitud menos efectivo en incrementar la rata de el crecimiento de la fractura que el agua o la amonía. Como ya se vió, el tamaño de la molécula de ataque también determina la habilidad de la misma a promover el crecimiento de la fractura. El agua y la amonía tienen casi tamaños moleculares idénticos (0.26 nanómetros), pero el metanol es una molécula más grande (0.36 nanómetros). Las moléculas que son más chicas tales como el agua o amonía pueden entrar fácilmente en la puerta de una fractura (que tiene un diámetro de 0.4 a 0.5 nanómetros) y provoca reacciones que rompen uniones, pero moléculas más grandes, tales como metanol, tienen cierta dificultad para penetrar. Las moléculas que son más grandes de 0.4 nanómetros, no tienen efectos medibles en el crecimiento de las fracturas; tienen una muy baja probabilidad de penetrar a los lugares en que las rupturas de las uniones tienen lugar. El tamaño de la molécula reactiva puede influir en la velocidad de crecimiento de la fractura, aún cuando la molécula sea más chica que la puerta de la fractura. La región justo detrás de la punta de la fractura actúa como una perforación que admite moléculas a la punta a una velocidad determinada del tamaño de la molécula.

En ausencia de esfuerzos, el silicio reacciona muy lentamente con el agua. La aplicación de esfuerzos puede provocar fracturas que crecen a velocidades mayores de un milímetro por segundo.

Como el vidrio es eficazmente rígido, una fuerza aplicada será concentrada, por la influencia involucrada, en las

uniones intermoleculares en la base de una cuarteadura en la superficie. Aunque estas uniones son muy fuertes, la rigidez del vidrio permite la cantidad de fuerzas macroscópicas que deban aplicarse a unas cuantas estructuras submicroscópicas, y las uniones, fuertes o débiles, deben deshacerse.

La energía de la superficie de fractura recientemente formada aparece porque las fuerzas actuando en los átomos de la superficie son fuerzas que se mueven hacia adentro por atracción de los átomos en el interior, mientras que los átomos en el interior están sujetos a fuerzas que sean prácticamente las mismas en todas direcciones. Para un vidrio comercial sosa-cal-silicio, el valor está en el rango de 2-4 Jm a la -2.

Una fractura puede crecer en el vidrio sólo cuando la energía mecánica aplicada o esfuerzo, sea mayor que la energía de las nuevas superficies creadas por la fractura. (Hasta que el esfuerzo aplicado exceda el mínimo, la energía es acumulada en el vidrio como en un resorte).

Entre más pequeña sea la fractura en un pedazo de vidrio, más grande tendrá que ser el esfuerzo aplicado para extenderla.

Ya que el vidrio tiene la homogénea estructura de un líquido, una cuarteadura, cuando ya ha comenzado, no encuentra límites internos o discontinuidades como para interrumpir su progreso. Conforme la cuarteadura se va profundizando, la influencia efectiva crece y la fractura de mas uniones se vuelve más fácil. La cuarteadura, así, se expande rápidamente a través de todo el pedazo de vidrio.

Una fractura es la creación de superficies por la separación en dos o más partes de un material bajo esfuerzo. Como el vidrio es un material amorfo, sus fracturas también siguen este tipo. Una fractura está antecedida por poca deformación inelástica y la falla ocurre abruptamente. Entonces, muchas fallas son precedidas por la lenta extensión de una fractura preexistente. Cuando el vidrio se rompe de un golpe, las fracturas aparecen inmediatamente. Las fracturas pueden extenderse a través del vidrio a velocidades de cientos de metros por segundo, aproximadamente a la mitad de la velocidad del sonido en el vidrio. La extensión de una pequeña fractura puede seguir día a día, hasta que atravesase toda la superficie en la que está. En otros casos pequeñas fracturas que se notan en la superficie pueden crecer durante un periodo de incubación y causar una falla catastrófica cuando alcancen un tamaño crítico. Las fracturas en el vidrio pueden crecer a velocidades de menos de un trillon de pulgada por hora, y bajo estas condiciones el periodo de incubación puede extenderse muchos años antes de que se pueda observar la falla catastrófica. A escala atómica el lento crecimiento de las fracturas corresponde a la ruptura secuencial de uniones interatómicas a ratas tan lentas como una ruptura de unión por hora.

Podrían ser diseñadas unas capas para la superficie que bloqueen la abertura de una fractura y que restrinjan el paso de pequeñas moléculas, como el agua, que puedan atacar las uniones en la punta y que químicamente se debilite el vidrio.

-fortalecimiento del vidrio. .

Uno de los grandes retos en la ciencia del vidrio es el incrementar su resistencia. Como ya se dijo, los defectos responsables por la pérdida de resistencia del vidrio están en la superficie del vidrio y varios tratamientos de superficie se han usado para vencer su influencia.

Para incrementar el útil fortalecimiento del vidrio, hay varios caminos posibles, por ejemplo:

> preventivo <

El de intentar el prevenir defectos en la superficie que permitan el comienzo de fracturas; otro, el tratar evitar el poner al vidrio bajo esfuerzo; o finalmente el tratar de prevenir una fractura de extenderse.

> titanización <

Se puede proteger a la superficie del vidrio con una capa de otro material. La capa entonces protege al vidrio de los químicos, así como también del ataque químico. Esta es la base del proceso de titanización, ya que el titanio es resistente a numerosos agentes corrosivos.

> pulimento por fuego <

Cuando una muestra de vidrio se calienta arriba de su punto de ablandamiento (la temperatura en que la viscosidad es de 10 a la 7.6 P), fluye fácilmente, y las fallas de la superficie son eliminadas. Si el vidrio se calienta arriba del punto de fusión de sus formas cristalinas, los cristales de la superficie, que pueden reducir la resistencia, se remueven.

> corrosión química <

Los defectos de la superficie pueden removerse por medio de corrosión química, el agente más común es el ácido hidrófluorhídrico, porque disuelve los silicatos rápidamente. Los fluoroboratos de sodio y potasio, disueltos en

nitratos alcalinos también han sido usados para corroer al vidrio. La corrosión puede llenar las puntas de las fracturas, dejando una concentración menor de esfuerzo allí y por lo tanto una resistencia mayor. En los vidrios sosa-cal, borosilicatos y de silicio se encuentran fortalecimientos de más de 2.7 por 10 a la 9 nm^2 , después de corroer al vidrio con ácido hidrofluórico. Este método tiene grandes limitaciones, ya que para obtener un incremento aceptable en la resistencia es necesario eliminar hasta 2 mm del vidrio, trabajar con HF es muy peligroso y requiere grandes medidas de seguridad, se tiene un gran problema de desechos tóxicos y corrosivos, todo lo cual incrementa enormemente los costos de fabricación.

Para aplicaciones prácticas, hay un problema en los vidrios corroídos y en los pulidos por fuego, que es que se dañan fácilmente, y la máxima resistencia para los vidrios corroídos es menor que para los pulidos por fuego.

Otro método es crear esfuerzos residuales de compresión en la superficie. El propósito de esto es tener a las imperfecciones bajo presión, pues solamente se puede iniciar la fractura en el caso de que el esfuerzo de tensión sobrepase al esfuerzo de compresión residual y además se llegue a los niveles de esfuerzo de tensión que inicien la fractura. Métodos como el templado termal y el intercambio de iones.

>tratamientos fluoroquímicos<

Por medio de la aplicación de compuestos silico-fluoroquímicos a cualquier superficie silica, es posible el obtener marcados cambios en las propiedades de la superficie del sustrato. El grupo fluoroalcalino unido químicamente forma una superficie excepcional de baja energía de superficie, de la cual casi todos los reagentes químicos son repelidos. Esta característica fluoroquímica sólo puede destruirse por el empleo de ciertas condiciones químicas y oxidativas, las que henden el eslabón - Si-O-Si fijando al grupo fluoroalcalino a la superficie del vidrio.

Los efectos benéficos pueden obtenerse por adsorber ciertas moléculas orgánicas en varios sustratos. Las aplicaciones comerciales incluyen los lubricantes de las superficies, tallas, agentes reveladores y capas repelentes al agua. Este éxito se atribuye a la habilidad de cambiar drásticamente las propiedades de la superficie del sustrato.

Se ha encontrado que los hidrocarburos fluoríferos como el ácido láurico perfluoro bajan la energía de la superficie a 5.6 dinas/cm, lo que representa una orientación ideal de grupos CF_3 terminales.

Los fluorocarbonos siloxanos son lubricantes. Esto es tanto para las telas convencionales y para las telas hechas de fibras beta más chicas. Los fluoro siloxanos pueden actuar satisfactoriamente como lubricantes, especialmente para contacto de vidrio con vidrio.

Los beneficios adicionales derivados de los tratamientos fluoroquímicos descritos y posiblemente igual de importantes para el mejoramiento de la resistencia a la flexión, son las propiedades repelentes al agua y a las manchas que se les imparte a las telas. Las propiedades de repulsión de ambas, agua y manchas, se asocian sólo con la superficie fluoroquímica modificada y se usan ampliamente para la manufactura de telas de fibras naturales y sintéticas.

Los materiales silico-fluoroquímicos aplicados al vidrio repelen al agua y al aceite dan propiedades lubricantes e imparten propiedades de -teñón-, generalmente superiores a los productos actualmente usados para estos propósitos. Aún más, estos recubrimientos muestran resistencia a la corrosión de agentes químicos y a los ambientes de alta temperatura.

Los compuestos de silicio fluoroquímicos imparten al vidrio características de baja energía de superficie.

En los moldes de fibra de vidrio tratados con un fluoroquímico no se pegan los vaciados epóxicos, policrilatos y poliestirenos.

Las superficies de vidrio protegidas con el tratamiento fluoroquímico resisten la penetración del agua y pinturas a base de aceite. Las superficies tratadas fluoroquímicamente pueden limpiarse fácilmente con agua y jabón después de haber sido expuestas a agua dura durante mucho tiempo, mientras que las que no, requieren de una fuerte abrasión. También los aceites que en un vidrio no tratado se expanden rápidamente, en un vidrio fluoroquímicamente tratado se forman pequeñas gotas sobre el vidrio que no mojan.

> tratamiento con anhídrido sulfuroso <

De los tratamientos de superficie que remueven el álcali de la misma, el que tiene la más larga historia trata de exponer al vidrio caliente a aire que contiene pequeños porcentajes de anhídrido sulfuroso. Este método en comparación con varios procesos alternativos también incluye el exponer al vidrio a los vapores de AlCl_3 y NH_4Cl . Estos remueven el álcali para formar una capa de cloruro de sodio en la superficie, la cual, como el sulfato, puede removerse por medio del lavado.

La presencia de oxígeno y vapor de agua en la atmósfera incrementa considerablemente la tasa de extracción de álcali en el proceso de SO_2 . La formación de una capa baja en álcali en la superficie, implica un cambio de bases entre los iones de hidrógeno suministrados por la atmósfera y los iones de sodio del vidrio. Subsecuentemente o concurrentemente, los iones de hidrógeno son lanzados de las capas de la superficie en forma de agua. El contenido de álcali de la superficie del vidrio se reduce a una profundidad del orden de varios miles U. A.

Es interesante el notar que aún en la ausencia de materiales deliberadamente introducidos para remover el álcali de la superficie, se puede detectar una pérdida que ocurra simplemente como resultado de la volatilización de la superficie del artículo de vidrio conforme es formado. El contenido de álcali cerca de la superficie del vidrio flotado es varios porcientos debajo de ese del interior.

Una significativa pérdida de álcali en la superficie también ocurre en la manufactura de contenedores de vidrio, aún cuando la nueva superficie del vidrio, que es producida al fabricar el contenedor esté a altas temperaturas por sólo unos segundos. Se ha medido el álcali 'libre' presente en la superficie interna de los contenedores de varios diseños por medio de elevar rápidamente al artículo frío con agua destilada y analizando los lavados. La cantidad de este álcali es mucho mayor entre más chico sea el cuello de la botella. El vapor de álcali puede escapar más fácilmente del interior de un contenedor de cuello ancho, si el cuello es estrecho, poco se escapa mientras el que sobra se condensa en la superficie interna conforme el contenedor se enfría.

Los contenedores de diferentes diseños fabricados de la misma composición pueden mostrar diferencias significativas en una prueba de duración química y que aún para un diseño dado pueden haber diferencias en el comportamiento si las condiciones de fabricación cambian de tiempo en tiempo.

El ataque a los artículos de vidrio durante los procesos de lavado industrial pueden reducirse no sólo por tratamiento de la superficie de los artículos de vidrio, sino posiblemente más económicamente por la inclusión de aditivos en la solución de lavado. Así el ataque por el 3 % de la solución de hidróxido de sodio algunas veces usada en el lavado de botellas de leche puede reducirse por un factor de al menos diez por la adición de nuevas partes por millón de iones de berilio de zinc. Las razones por los efectos de inhibición no son conocidos.

> fortalecimiento por rápido enfriamiento o templado térmico <

<-tratamiento muy usado>

.templado del vidrio

El enfriamiento lento para remover o prevenir la introducción de esfuerzos o tensiones apreciables, es el proceso de recocido. El enfriamiento rápido propiamente controlado para producir esfuerzos o tensiones simétricos severos, es el proceso de templado.

Se espera que las capas de la superficie del vidrio templado, son enfriadas más rápidamente sean un poco diferentes en sus propiedades físicas que las capas interiores del vidrio de un vidrio recocido, pero estas diferencias son pocas para casi todos los vidrios, en comparación con las tensiones que se introducen en el templado.

El verdadero vidrio templado requiere que todo el vidrio de la superficie esté bajo compresión.

Los diferentes procedimientos de temple consisten en someter a un enfriamiento brusco los objetos llevados previamente a una temperatura comprendida entre la del comienzo de fusión y aquella en la cual la pieza es susceptible de deformarse.

Por ejemplo 425 °C, justo por debajo de su punto de ablandamiento, y luego se enfría en aire, sal fundida o aceite. <el enfriamiento con aceite consiste en sumergir en un baño líquido de aceite y grasa, el objeto previamente calentado. La temperatura del baño debe variar entre 100 o C para el cristal y hasta 400 o C para el vidrio un poco más duro, si se quiere evitar toda ruptura en la inmersión.>

Como el vidrio está inicialmente suave, las superficies se encogen y se vuelven más densas fluyendo sin formar esfuerzos.

Es necesario obtener un reparto muy simétrico de las tensiones, si se quiere evitar rupturas espontáneas, que dejarían al vidrio templado inutilizable. Es preciso realizar un calentamiento y un enfriamiento perfectamente uniformes.

Todas las partes de el vidrio deben calentarse a la misma rata para llegar a la misma temperatura final al mismo tiempo y ser trasfendo al mecanismo de templado.

Conforme se calienta el vidrio, la superficie del vidrio se expande y se comprime temporalmente. Conforme se continúa con el calentado y cuando las temperaturas de la superficie exceden la temperatura de suavizado, se alivia el esfuerzo de compresión por la fluidez de la contracción, y la línea de esfuerzo en el compensador asume su posición neutral en la superficie del vidrio. En este punto se puede notar que las superficies del vidrio están siempre ya sea bajo compresión o en un estado de fluidez por lo que no hay peligro de rompimiento de un manejo abusivo.

Ahora el vidrio es enfriado rápida y uniformemente. En esta operación, todas las superficies suavizadas deben estrechase hasta que la temperatura se vuelva lo suficientemente baja para que una futura contracción debida a un encogimiento térmico cambie de un estirado real a tensión. El vidrio que está bajo la superficie deberá haber alcanzado una temperatura más suave en donde es posible la fluidez porque el vidrio de la superficie debe continuar estrechándose conforme es enfriada a una temperatura abajo de la temperatura del interior del vidrio para que el último encogimiento deje las capas de la superficie más largas < compresión > y las capas interiores más cortas < tensión >.

Si las superficies del vidrio no están todas lo suficientemente calientes para que puedan estirarse en esta

operación de enfriamiento, la superficie se rompe en la forma de "cuadros de frío". Si todas las superficies están lo suficientemente calientes, se estrarán, y conforme se enfrían y se rigidizan, todas las superficies estarán en tensión temporal. En esta etapa de la operación de templado, cualquier abuso en la superficie provocará romplimiento.

Los productos comerciales que son templados no son tan simples como un vidrio plano.

En el vidrio plano la superficie del vidrio debe ser calentada uniformemente y luego enfiada rápida y uniformemente enfiada. El enfiado debe ser a través de un medio como aceite, sal, aire o cualquier otro medio, pero en cualquier caso, el enfriamiento es toda la conducción y debe llevarse por convección natural o por aplicación de un movimiento forzado al medio enfiador.

Si el objeto es enfiado en una posición de cabeza o parcialmente de cabeza, el medio enfiador debe forzarse a movimiento en las caras que queden de cabeza. De otro modo estas caras que quedan abajo terminarán como puntos de debilitamiento debido a la imposibilidad de convección natural. Las corrientes de convección resultan de la tendencia de un gas o líquido calientes de elevarse por su baja densidad. El medio enfiador, que está en contacto con un espacio de cabeza, se calentará por su contacto con el vidrio caliente. El líquido o gas quiere elevarse pero no puede, por lo que se queda y empieza a calentarse cada vez más. Esto provoca que en esa área resulte un templado insuficiente.

En un artículo de paredes de diferentes espesores, si todas las superficies son enfiadas simultánea y uniformemente, es obvio que las paredes más delgadas se enfrían y rigidizan más rápidamente que las más gruesas y antes de que estas últimas tengan tiempo de enfiarse y rigidizarse. Si este objeto tiene un borde, este actuará como un puente estructural a partir del cual todos los demás espesores tengan que enfiarse. La orilla del borde que terminará en una compresión circunferencial muy fuerte no será un punto vulnerable. Las secciones delgadas en el fondo del objeto también actuarán como un anillo compresor. Habrá tensión en el interior de las esquinas y debajo del borde. Las secciones gruesas se enfiarán más lentamente y se introducirán tensiones estructurales las que se superponen y frecuentemente neutralizan la compresión y los esfuerzos de tensión, los que son introducidos deliberadamente para templar y fortalecer al vidrio.

Durante el templado se presenta un efecto de emparedado cuando el exterior, o cáscara del vidrio se enfiada rápidamente y se endurece, y el interior se enfiada más lenta y continuamente, y se contrae después de que el exterior se ha vuelto rígido.

No es posible obtener una hoja altamente templada en un sustancia de menos de 5 mm de espesor.

El templado del vidrio se complica por el hecho de que el vidrio debe soportarse por metal mientras se calienta y templar y la diferencia en las tasas de calentado y enfiado entre el vidrio y los metales limita severamente los diseños de soportes que pueden usarse. Se ha alcanzado una cantidad remarcable de progreso hacia la resolución de estos problemas, como el desarrollo de las placas de televisión. Se pueden templar placas de 50.8 por 63.5 cm y de 6 mm de espesor en bastidores que quedan con un doblado resultado y con sólo unos 2 mm de torcedura. El primer mejoramiento que se tuvo que hacer para lograr este resultado fue el control de la temperatura. El control de prendido y apagado que se usaba en los hornos eléctricos y de gas era enteramente inadecuado. Se cambió por uno que prendía y apagaba el calor diez veces más rápido que el viejo. La temperatura no varía apreciablemente durante estos cortos períodos. El aparato también era capaz de anticipar la demanda después de un cambio de carga y lentamente se acercaba al punto de control sin sobre emisión.

Estos controles aceleraron los ciclos de calentamiento por medio de reducir el tiempo de inmersión que era necesario al principio. La temperatura del horno puede fijarse unos cientos de grados o más arriba de la temperatura final deseada del vidrio y aún estará calentando rápidamente en el momento en que el vidrio es sacado del horno y tendrá un tiempo muy corto después de que se vuelve plástico para fluir o torcerse en sus soportes.

El vidrio se puede romper durante el templado debido a que esté muy caliente o muy frío y deben tomarse precauciones para equilibrar la temperatura a través de cada pieza de vidrio para obtener los mejores resultados.

Los diseñadores de hornos se han esforzado para mejorar la uniformidad de temperatura sobre grandes áreas de vidrio. Los hornos eléctricos pueden dividirse en varias áreas, cada una teniendo su propia temperatura. Los elementos calentadores pueden estar muy cerca del vidrio para localizar el efecto en cada zona. Los hornos alimentados con gas tienen varios quemadores pequeños, cada uno controlado por una llave conectada a un múltiple, el cual, en turno es regulado por un controlador de temperatura sencillo que hace posible el incremento o decremento de la temperatura en áreas seleccionadas.

[Templador rotativo

Es capaz de templar 80 piezas de vidrio en una hora. El transportador rotativo puede operarse económicamente para piezas más pequeñas y tiene una mayor flexibilidad en la amplia variedad de tamaños que puede manejar.

El horno tiene un transportador en forma de carrusel, en lugar de los tipos de monoriel con transportadores de cadena.

El transportador que puede acelerar y desacelerar suavemente conforme se mueva de estación en estación, puede ajustarse para variar la velocidad de movimiento y el largo de el espaciado en las estaciones, que son seis: 1 cargado, 2 estación de espera, 3 y 4 estaciones controlables Individualmente, 5 enfriador con boquillas opuestas que rotan para cubrir todas las superficies del vidrio, 6 descarga. El operador sostiene al vidrio de tenazas con casquillos de carburo en ganchos de acero inoxidable, lo que minimiza las torceduras y rompimiento.

Los quemadores de radiación de calor esparcen el calor completamente sobre las superficies del vidrio en las estaciones 3 y 4. Se mezclan aire y gas automáticamente en un radio óptimo por un controlador, el cual alimenta los quemadores en un arreglo que facilita y asegura la ignición. La temperatura del horno puede balancearse perfectamente de arriba a abajo por ajuste manual individual de los quemadores.

Esta instalación compacta ahorra espacio y hace posible el tener una fluidez eficiente de materiales que se mueven en 'u', a través de las siguientes operaciones: recibimiento del vidrio recocido, corte y rompimiento, acabado de bordes, barrenado y lavado, templado y despachado.

> recubrimiento con vidrio cerámico <

Otro método es dar al vidrio una capa de vidrio cerámico de baja expansión. El método estándar de hacer esto es usar el intercambio de iones en la forma contraria al descrito, esto es, dejar que los iones de litio desplacen a los iones de sodio en el vidrio. El material original es un vidrio sosa-alúmina-titanio-silice, y cuando el sodio ha sido reemplazado por el litio, los ingredientes básicos de beta-eucryptite se presentan. El titanio es un buen agente de nucleación para este cristal y el tratamiento térmico subsecuente termina con una capa de vidrio cerámica que ha crecido a alta temperatura en el vidrio. Beta-eucryptite tiene un coeficiente de expansión negativo. Cuando el vidrio es finalmente empleado, su superficie trata de expandirse mientras el interior trata de encogerse y se forma un sistema de esfuerzos, similar al del vidrio templado por aire frío. El tratamiento de reforzamiento se aplica siempre después de que el artículo ha sido fabricado y acabado y puede dejar al artículo u opaco o transparente, dependiendo del proceso. Como con el vidrio templado con aire frío, estos vidrios se rompen completamente en pedazos pequeños, demostrando que la capa de compresión es lo suficientemente gruesa y la tensión interna lo suficientemente alta. El reforzamiento químico es caro, pero tiene ventajas sobre el templado térmico. Da reforzamientos de dos o tres veces mayores, se puede aplicar a vidrio delgado y a artículos de forma complicada y el calentamiento no destruye irreversiblemente el efecto. Tal vez la última palabra en vidrio resistente es el pyroceram que ha sido reforzado químicamente, dando un material cuya resistencia de flexión es de 17 000 kg/cm cuadrados.

> intercambio de iones <

El intercambio de iones consiste en que a las capas superficiales de un vidrio caliente se les 'mete' una sal cuyos cationes tienen diámetros iónicos diferentes a los de los principales cationes de vidrio. Cuando la sal que intercambia los iones tiene cationes más grandes se produce un esfuerzo de compresión. Cuando se usan cationes de menor diámetro se genera un estrato consistente de una capa superficial que tiene un coeficiente de expansión térmica menor que el resto del vidrio, por lo que cuando se enfría (de la temperatura a la cual se llevó a cabo la reacción), las capas superficiales se encuentran bajo esfuerzos de compresión.

Es posible el cambiar la expansión térmica de la capa de la superficie por intercambio de iones a temperaturas arriba de la transición del vidrio; luego conforme el vidrio se enfría, se desarrolla un esfuerzo de compresión en la superficie. Este efecto puede aumentar por medio de provocar una cristalización en la capa de la superficie, como resultado del intercambio de iones. Este método ha sido usado para fortalecer vidrios aluminosilicatos litio-sódicos, por medio de cambiar el sodio por litio. Si un vidrio que contiene litio (Li+) se pone en contacto con cloruro de sodio (NaCl), algo de los iones de Li+ cerca de la superficie del vidrio serán reemplazados por iones de Na+, en una base de uno-a-uno. Los iones de Na+ son más grandes que los de Li+ que reemplazan, por lo que, cuando el vidrio se enfría, la superficie no se puede encoger tanto como el interior. El fortalecimiento del vidrio por tratamiento en una atmósfera de dióxido sulfúrico, agua y oxígeno, resulta de el reemplazo de iones de sodio por iones de hidrógeno en un vidrio arriba de su temperatura de transición.

Usualmente la cantidad de esfuerzo de compresión en la superficie del vidrio es proporcional a la cantidad de cambio que ha ocurrido, por lo que entre mayores sean la temperatura y el tiempo se tarde el intercambio, más grande será el esfuerzo y el fortalecimiento. Conforme crecen el coeficiente de difusión y los iones, el fortalecimiento crece con tiempo y temperatura constantes; así conforme se añade aluminio a los vidrios de silicatos sódicos, el fortalecimiento crece porque los coeficientes de difusión iónica crecen.

Si se cambia un ion por uno más grande en el vidrio, se producen esfuerzos de tensión en el vidrio y es debilitado. Los vidrios en los que los iones de litio o hidrógeno han sido reemplazados por iones de sodio, generalmente muestran finas fracturas en la superficie, debido a estos esfuerzos de tensión.

El problema de esta técnica es el manejo de la sal. Debe ser aplicada por baño o en spray y además los residuos del tratamiento se adhieren al vidrio aún después de terminada la reacción por lo que los objetos de vidrio deben ser lavados después del tratamiento, lo cual necesariamente implica costo.

Antes que una fractura pueda empezar en un vidrio fortalecido, la pieza debe de doblarse tanto que la superficie se comprima y que ponga a la misma en tensión. Tales vidrios pueden tener un fortalecimiento al impacto de cuatro a diez veces más que el de un vidrio sin fortalecimiento.

> cristalización de la superficie <

La cristalización de la superficie resulta del intercambio de iones arriba de la temperatura de transición en el vidrio. Si estos cristales provocan que la superficie tenga un menor coeficiente de expansión que toda la masa de vidrio, conforme se enfría, se desarrolla un esfuerzo de compresión en la superficie, fortaleciéndola. En casi todos los vidrios, la cristalización o devitrificación de la superficie debilita la muestra porque introduce esfuerzos de tensión o fracturas; de cualquier forma, en ciertos aluminosilicatos de litio, la cristalización de la superficie puede fortalecer al vidrio.

Esta técnica es la del proveer un camino para detener el crecimiento de una fractura. Si por ejemplo, fibras de vidrio están sumergidas en una matriz de una resina adecuada de tal forma que, aunque son más débiles que el vidrio, pueden deformarse como para distribuir un esfuerzo, y una fractura a través de una sola fibra no debilitará seriamente al material. La carga es transferida a las fibras sobrantes por la matriz y de hecho, a las porciones de la fibra rota permaneciendo intactas. La fractura que en el sistema de resina y fibra destruye sólo una pequeña parte de una fibra, en el vidrio en masa se expandiría por toda la pieza entera.

> combinación de métodos <

Es posible combinar varios tratamientos de superficie, para dar igualmente fortalecimiento y resistencia a la abrasión. Se puede introducir compresión de la superficie por intercambio de iones después de que varillas de vidrio sosa-cal fueron fortalecidas por corrosión. Las varillas tratadas de esta forma y luego desgastadas sobrevivieron tres veces más que lo que sobrevivieron las varillas sólo controladas y luego desgastadas. Otra combinación de tratamientos llevarán sin lugar a dudas a incrementar la resistencia en ciertas composiciones de vidrios y serán posibles nuevas formas para fortalecer al vidrio por tratamiento de la superficie. Por ejemplo, se vio que la resistencia del sílice fundido se incrementa un poco por impregnación con argón a 650 °C y a una presión de arriba de 1000 atm. Hay una gran diferencia entre las resistencias prácticas y la resistencia cohesiva teórica del vidrio.

> adición de una segunda fase cristalina <

Composiciones de vidrio y alumina han sido preparadas por medio de prensado caliente a 800 °C, con polvos de alumina de 35 a 44 micras de tamaño promedio. La resistencia de un vidrio borosilicato se incrementó a un factor de dos por adición de las partículas. El incremento en resistencia es el resultado de la interacción del frente de la fractura con las partículas. Hay una 'aseguración' de la fractura que se propaga por la partícula de la segunda fase, con consecuente incremento en la energía que se requiera para provocar o continuar una fractura.

> tratamiento con laser <

El objeto de vidrio se calienta a una temperatura sobre el punto de deformación; y un haz de laser cuya longitud de onda sea absorbida por el vidrio se pasa sobre toda la superficie que contiene las imperfecciones. La densidad de potencia del haz es suficiente para calentar la superficie del vidrio y establecer un gradiente térmico. La temperatura superficial, donde están las imperfecciones, hace que la viscosidad sea lo suficientemente baja como para que el vidrio fluya debido al esfuerzo inducido por la tensión superficial en estos sitios. Como resultado tenemos que la superficie del vidrio cambia minimizando, o incluso eliminando los defectos superficiales y por lo tanto incrementando su resistencia mecánica.

materiales que forman el vidrio

En principio cualquier sustancia puede convertirse en un vidrio por medio de enfriarla desde su estado líquido lo suficientemente rápido para evitar su cristalización. La temperatura tiene que ser tan baja que las moléculas se muevan tan lentamente como para reorganizar una forma más estable, como en la forma cristalina.

En la práctica actual la formación de vidrio se ha logrado con un número relativamente limitado de sustancias. La siguiente lista muestra los materiales que más fácilmente se forman para hacerlo. Esta es más representativa, que exhaustiva.

1.....

-vidrios formados por enfriamiento-

ELEMENTOS

S, Se
Te
P

OXIDOS

B₂O₃, SiO₂, GeO₂, P₂O₅, As₂O₃, Sb₂O₃
In₂O₃, Ti₂O₃, SnO₂, PbO₂, SeO₂
-condicionales- TeO₂, SeO₂, MoO₃, WO₃, BiO₃, Al₂O₃, Ba₂O₃,
V₂O₅, SO₃

SULFUROS

As₂S₃, Sb₂S₃
varios compuestos de B, Ga, In, Te, Ge, Sn, N, P, Bi
CS₂

SELENIUROS

varios compuestos de Ti, Sn, Pb, As, Sb, Bi, Si, P

TELURUROS

varios compuestos de Ti, Sn, Pb, As, Sb, Bi, Ge

HALUROS

BeF₂, AlF₃, ZnCl₂, Ag(Cl, Br, I), Pb (Cl₂, Br₂, I₂) y mezclas de multicomponentes.

NITRATOS

KNO₃-Ca (NO₃)₂ y muchas otras mezclas binarias que contienen álcalis y nitratos alcalinos térreos.

SULFATOS

KHSO₄ y otras mezclas binarias y ternarias

CARBONATOS

K₂Co₃-MgCO₃

COMPUESTOS ORGANICOS SIMPLES

O - Terfenilo, tolueno, 3-metil hexano, 2, 3 -dimetil cetona,
éter dietilo, isobutirio bromido, etileno glicol, metilo alcohol, etilo alcohol, glicerol, glucosa.
Como gotas sólo: m-xileno, cyclopentano, n-heptano, cloruro metileno.

COMPUESTOS ORGANICOS POLIMERICOS

ejemplo polietileno (-CH₂-)_n y muchos otros

SOLUCIONES ACUOSAS

Acidos, bases, cloruros, nitratos, y otros

ALEACIONES METALICAS POR MEDIO DEL ENFRIAMIENTO POR SPLAT

Au₄Si, Pd₄Si Te x - Cu 25 - Au 5

2..... -vidrios formados por deposición o por reacción del vapor-

ELEMENTOS

Boro
Silicio, Germanio
Bismuto, Galio

OXIDOS

Aluminio
Tantalio
Niobio
Agua

OTROS COMPUESTOS

Silicio carburo
Indio Antimónido
Varias combinaciones de silicio o germanio, con oxígeno, sulfuro, selenio y telurio
Magnesio con antimonio o bismuto
Niquel, cobalto, o hierro con fósforo o sulfuro.

Los óxidos son por mucho los materiales más importantes comercialmente. El vidrio de óxidos multicomponentes resulta de la mezcla de otros óxidos con los principales formadores de vidrio: SiO_2 , B_2O_3 , GeO_2 , y P_2O_5 . Los óxidos formadores de vidrio "condicionales" no forman vidrios por sí solos, sino que lo hacen en mezclas binarias o multicomponentes con otros óxidos.

Se llaman vidrios binarios los que contienen dos componentes que son óxidos, es decir, cuando se funde y añade al SiO_2 otro óxido, como por ejemplo: CaO , MgO o TiO_2 . Ternarios son los vidrios que contienen tres componentes óxidos y, en general, vidrios polinarios los que contienen muchos óxidos.

Una segunda categoría es la de los vidrios calcogénidos que se refiere a los compuestos que contienen oxígeno, sulfuro, selenio y telurio.

Otra categoría es la de los vidrios iónicos _ haluros, nitratos, sulfatos y carbonatos.

Las otras categorías son las de los compuestos orgánicos simples, los polímeros orgánicos, las soluciones acuosas y aleaciones metálicas.

En años recientes los polímeros "vitreos" se han usado ampliamente, y usualmente se les llama vidrio en la literatura técnica pero este término es muy poco usado en el lenguaje de todos los días.

Los materiales más nuevos y exóticos son los de enfriamiento por "splat" que forman vidrios metálicos, los vidrios conductores de electricidad de el arsénico, sulfuro, selenio y de las familias telurio haluro y vidrios de sales iónicas y soluciones acuosas, así como vidrios de óxidos y polímeros orgánicos vitreos.

Como ya se dijo anteriormente, los vidrios de silicatos son los más comerciales y por lo tanto es el tipo de vidrio más estudiado. Se han hecho más de 6500 mezclas para hacerlo y cada una resulta en un vidrio con propiedades físicas, químicas y ópticas que difieren de todos los otros tipos de vidrio.

Los vidrios tradicionales se forman de materiales inorgánicos como sílica, arena, sodio, carbonato de calcio, feldespato, boratos y fosfatos que reaccionan para formar óxidos metálicos en el vidrio final. En los últimos años han habido cambios menores en los materiales de mayor importancia y cambios mayores en los ingredientes que intervienen en menor proporción. Los ingredientes más importantes son arena, cal, y carbonatos de sodio, y cualesquiera otras materias primas, pueden considerarse como ingredientes menores, aun cuando los efectos que produzcan puedan ser de gran importancia.

Antes se tenía la idea de que el vidrio era una combinación química bien definida, como un silicato determinado, más o menos como si el vidrio corriente fuese un silicato de sosa y cal de la composición $1 \text{ Na}_2\text{O} : 1 \text{ CaO} : 6 \text{ SiO}_2$, cuya composición % sería: 12.5 : 11.9 : 75.5, para cuya obtención habla que emplear: 30 p. de carbonato sódico, 27 p. de caliza y 100 p. de arena silicea. Pronto se vio que esta idea no se podía sostener. El vidrio se asocia en proporciones variables con uno o dos silicatos alcalinos, (es decir, de sodio o de potasio) y con uno o varios silicatos terrosos o metálicos (de calcio, de aluminio, de magnesio, etc). Tradicionalmente, se suele distinguir el vidrio ordinario, sódico-cálcico; el vidrio de Bohemia, potásico-cálcico; y el cristal (así llamado impropiaemente, puesto que nada tiene que ver con los fenómenos de la cristalización), que se prepara sin cal, con una fuerte proporción de óxido de plomo o de minio.

Los elementos que componen los vidrios pueden agruparse en seis familias que desempeñan papeles distintos en la fabricación, como el los usos del vidrio, a saber:

- 1....los vitrificantes...son los óxidos principales que forman la red. ejem: SiO_2 , B_2O_3 , P_2O_5 .
- 2....los estabilizadores o bases... su acción marca las propiedades que diferencian a un vidrio de otro: CaO , BaO , PbO , MgO , ZnO .
- 3....los fundentes...intervienen para facilitar la fusión de los vitrificantes e insertarse en la red. ejem: Na_2O , K_2O , Li_2O .
- 4....los elementos intermedarios de misión indecisa y de los que no podríamos decir si son ácidos o bases, tales como la alúmina, el óxido de hierro, el germanio;
- 5....elementos accesorios introducidos generalmente en dosis pequeñas, demasiado débil para modificar sensiblemente las propiedades del vidrio, y que intervienen como correctivo, decolorante o colorante: As_2O_3 , cloruros, fluoruros.
- 6....elementos parasitarios, es decir, introducidos accidentalmente por las materias primas, impurezas o cuerpos incompletamente volátiles, a los cuales falta aún agregar los gases disueltos.
 - el principal vitrificante es el sílice
 - el principal estabilizador o base es la cal
 - el principal fundente es la sosa

Vemos como estos tres elementos son esenciales y pueden bastar para la composición de cierto número de vidrios corrientes, lo que hizo decir a un vidriero inglés: la arena da el vidrio, la sosa hace la fusión, la cal da la naturaleza.

MATERIAS PRIMAS Y CARACTERISTICAS

. ARENA . .

La sílice es al mismo tiempo el óxido ácido del vidrio, el ácido silícico, que se introduce en forma de arena. El cuarzo y el pedernal no se emplean apenas debido a sus dificultades y a su elevado coste; generalmente se usa la arena cuarzosa que se encuentra en grandes cantidades y en un estado de gran pureza. Las arenas cristalinas cuarzosas de buena calidad deben satisfacer dos exigencias fundamentales: tienen que poseer un grano fino y ser muy pobres en hierro. (no debe exceder de 0.45 % para vajillas o 0.015 % para vidrio óptico). El tamaño del grano de la arena debe mantenerse entre 0.1 mm y 0.3 mm. Cuando es más grueso, la fusión se hace con dificultad y hay formación de piedras en el vidrio; si el grano es demasiado pequeño, se retarda la clarificación de la masa del vidrio. Únicamente cuando se tratan de obtener ciertos vidrios especiales, por ejemplo, vidrios ópticos, se emplea el cuarzo finamente molido. La cantidad de hierro, cuando se quieren obtener vidrios incoloros, por ejemplo, los destinados a aparatos de óptica, no debe exceder de 0.01 % de óxido de hierro, mientras que para el vidrio blanco hueco corriente puede llegar hasta 0.03 %. Esta cantidad de hierro puede aumentar cuando se quieren obtener vidrios planos oscuros, en cuyo caso puede llegar a ser diez veces mayor que la cantidad dicha.

En la industria se designan con el nombre de "arena de cuarzo" las arenas que contienen mneos de 2% de alúmina, lo que corresponde a un contenido de caolin de cerca de 5 % o a una riqueza de feldespató potásico de 10 %. Las arenas que contienen cantidades mayores de alúmina se denominan arenas caolínicas o de feldespató, y sirven especialmente para aquellos casos de la fabricación de vidrios especiales que requieren la presencia de cierta cantidad de alúmina. Casi todas las arenas contienen minerales de hierro de color oscuro. La arena puede contener óxido de cromo, que acentúa el color. Las arenas de cuena calidad son sometidas a un tratamiento basado en su lavado, levigación y tamizado. Para mejorar su calidad hay que eliminar los compuestos de hierro que contenga; esto se realiza químicamente por disolución en los ácidos (HCl), y por vía mecánica, por separación magnética, aunque esto último se utiliza poco.

Se ha comprobado que la mezcla con arena que tenga de 4 hasta 5% de humedad funde con mayor facilidad que empleando la misma arena seca. Ello es debido a que los granos de arena húmedos son mojados mejor por los fundentes como el carbonato sódico. Además la arena húmeda no produce polvo, y la mezcla posee menos tendencia a separarse en sus componentes. Una arena de grano normal, o aunque sea con un poco de grano más grueso se funde más lentamente durante la primera fusión que otra que sea de grano muy fino; pero esto se ve compensado porque la composición se clarifica más deprisa que cuando la arena es de grano fino. Tratándose de arenas de grano fino, al principio se funde, con una velocidad relativamente grande, una gran parte del ácido silícico, y la masa fundida se hace más viscosa e impide que escapen bien las burbujas de los gases; por este motivo el vidrio resulta defectuoso.

. ACIDO BORICO Y BORAX . .

En sus aplicaciones, el ácido bórico va colocado mucho después de la sílice. Se introduce en el vidrio por sus

buenas propiedades, que hacen más fácil la fusibilidad de la masa , y por disminuir la viscosidad , lo que facilita mucho el afino . Se emplea el ácido bórico hidratado con 54.8 % de óxido de boro y 45.2 % de agua , y casi siempre en forma de semolina que se mezcla y funde muy fácilmente . Para 1 kg de óxido de boro (B2 O3) hay que emplear 1.771 kg de ácido bórico (H3 BO3). Prácticamente se emplea un poco más , pues el ácido bórico se volatiliza algo con el vapor de agua . El ácido bórico comunica al vidrio cualidades muy particulares . Hace la composición " más fácilmente fusible, actúa en sentido opuesto a la desvitrificación, hace al vidrio más brillante, estimula la disolución de los colorantes y aumenta la resistencia química y , más especialmente , la térmica . A causa de estas propiedades el ácido bórico se emplea en cantidades de hasta 12 % . Se usan desde hace pocos años , el ácido bórico y el bórax, por lo menos en pequeñas cantidades en casi todos los vidrios con el fin de aumentar el rendimiento de ls hornadas , de manera que la mayor parte de los vidrios para espejos y ventanas , así como en vidrio hueco y de botellas son bóricos . Existe un vidrio de alto índice de borato que tiene un valor de dispersión inferior y un índice de refracción más alto que los de cualquier vidrio previamente conocido, y que es valioso como vidrio óptico . Cuando a una "composición " determinada se van añadiendo cantidades cada vez más elevadas de bórax , hasta 1% , la temperatura de fusión disminuye casi en 10 o c por cada 0.1 % de óxido de boro contenido en el vidrio . El rendimiento y la clarificación son mejores proporcionalmente . Cuando se substituye Na2 O por B2 O3 , no hay ninguna mejora en el rendimiento ni en la clarificación . Solo mejoran la resistencia térmica y química .

. ACIDO FOSFORICO Y ACIDO ARSENIOSO . .

Los óxidos ácidos del vidrio tienen escasa importancia y se emplean para dar opacidad o bien en la clarificación .

. CARBONATO SODICO . .

El carbonato sódico se emplea como fundente para introducir en el vidrio el óxido alcalino Na2O . Tiene como objeto iniciar la reacción formadora del vidrio con la sílice de la arena .

1 kg de carbonato sódico puro deja en el vidrio 0.585 kg Na2O , debiendo tenerse en cuenta el mayor contenido en productos secundarios inversamente . 1kg Na2O en el vidrio requiere la adición de 1.710 kg de carbonato sódico puro .

La industria del vidrio usa un carbonato sódico muy calcinado , denso , que es la llamada "sosa pesada" . Es esencial que el carbonato sódico no sólo sea denso, sino también granulado . No debe ser de grano de más de 1 mm . Cuando el grano es grueso no sólo presenta el inconveniente de mezclarse irregularmente con los demás componentes , sino que además es pulverizado por la máquina de mezclar .

Para la buena economía de fabricación hay que procurar trabajar con un carbonato sódico que siempre presente las mismas cualidades : que sea bastante puro , es decir, con un porcentaje elevado de carbonato sódico , pesado , duro , y al mismo tiempo de grano mediano (que no pase de 0.5 mm) .

Debe ser un poco higroscópico , pero no tanto que llegue a formar grumos . La industria del vidrio es un consumidor importante de carbonato sódico .

Otras fuentes de óxido de sodio son el bicarbonato de sodio, la torta de sal , y el nitrato de sodio . Este último es útil para oxidar el hierro y para acelerar la fusión . Las fuentes importantes de cal (CaO) son la piedra caliza y la cal calcinada de la dolomita (Ca CO3 . Mg CO3) , que introduce MgO en la carga . El óxido de sosa o potasa sirve para rebajar el punto de fusión y prolonga el tiempo de viscosidad del mismo para poderse moldear .

. SULFATO SODICO . .

El sulfato sódico es más barato que el carbonato , pero con el objeto de introducir el Na2O en el vidrio se le emplea mucho menos . La causa de este menor consumo radica en que al fundir la masa del vidrio hay que gastar un 15 % más de combustible (hay que operar a elevadas temperaturas) ; en que los refractarios siempre son más o menos atacados por el sulfato ; en que se pierden grandes cantidades de azufre desprendidos en forma de SO2 y SO3, que atraídos por el aire ocasionan los inconvenientes sabidos . Se le emplea todavía , pero nunca en una proporción superior a la de 1 parte de sulfato por 2-3 de carbonato sódico . Tratándose de pequeñas cantidades el sulfato sódico es un buen clarificante .

Se dice que el sulfato de sodio elimina la espuma de los hornos de los tanques . Se debe emplear carbono con los sulfatos para reducirlos a sulfitos . Puede añadirse trióxido de arsénico para facilitar la eliminación de las burbujas . Los nitratos de sodio o de potasio sirven para oxidar al hierro y hacerlo menos evidente en el vidrio terminado . El nitrato de potasio o el carbonato se emplean en muchos vidrios de grados superiores, para vajillas objetos decorativos o vidrio óptico .

Téoricamente 100 kg de sulfato sódico suministran al vidrio 43.6 kg de Na2O , o sea que para que el vidrio contenga esta misma cantidad de sosa hay que emplear 4 partes de sulfato en lugar de 3 de carbonato sódico . Además , cuando hay que emplear grandes cantidades de sulfato , es preciso aumentar en un 5-6 % el carbón de reducción .

. CARBONATO POTASICO . .

Para introducir en el vidrio el K_2O , que después del Na_2O es el óxido alcalino más importante para dicha industria, se usan diversas clases de carbonato potásico, de las cuales unas son de origen vegetal, procedentes de la incineración de maderas o de melazas, otras, más raras, de origen animal, de la suarda o churra, y otras de origen mineral, de las sales de los yacimientos potásicos.

. CAL . .

La adición de cal, que es el óxido bivalente básico del vidrio, más importante para la fabricación, es imprescindible puesto que a este cuerpo se debe el poder obtener un vidrio duro y que pueda ser usado. El SiO_2 y Na_2O por sí solos producen un vidrio que se disuelve en el agua, el llamado "vidrio soluble"; únicamente la introducción de la cal, endurece al vidrio y le confiere sus propiedades más características.

La cal viva se combina fácilmente con el agua y anhídrido carbónico, originando grandes variaciones en la fabricación y siendo poco apropiada para la clarificación; además, es un producto caro.

Hay que tener en cuenta que las calizas propiamente dichas, el mármol o el espato calizo, a pesar de poseer una misma composición química se comportan de un modo muy distinto en la fusión, lo que es debido, en parte, a la diferente forma de los granos resultantes de la molenda. Hoy se prefiere una gran finura de grano, molindolas hasta formar una especie de arena, con lo cual una gran parte tiene un grano menor de 0.1 mm. Algunas veces se emplean, en lugar de caliza o adicionadas a la caliza escorias de alto horno que suelen contener 30 hasta 40 % de CaO ; se las puede añadir a la composición hasta un 30 %, pero no más, debido a la cantidad de hierro que contienen dichas escorias; sin adición de caliza sirven para la fabricación de vidrios coloreados, aunque también es posible obtenerlos semiblanco.

. MAGNESIA . .

El MgO se introduce en el vidrio en forma de magnesita calcinada natural o de magnesita usta precipitada. Sin embargo, esto es raro porque estos productos son difíciles de fundir.

Cuando se quiere introducir simultáneamente en el vidrio la cal y la magnesita, es aconsejable el empleo de la dolomita, en la cual la cal y la magnesita están en la misma proporción molecular: $45.73 \% MgCO_3 = 21.87 \% MgO$ y $54.27 \% CaCO_3 = 30.41 \% CaO$.

. CARBONATO DE BARIO (BARITA) . .

El carbonato de bario natural es poco empleado a causa de que sus yacimientos son raros, y por la gran cantidad de hierro que suele contener. Por este motivo se emplea más el carbonato bórico precipitado. A pesar de que sus impurezas casi siempre se hallan reducidas a pequeñas cantidades de sulfato bórico insoluble y a algunas décimas por ciento de BaS , estos cuerpos pueden dar un color feo al vidrio, que aparecerá ligeramente amarillo. 100 kg de carbonato bórico proporcionan al vidrio 77.7 kg de óxido de bario.

El óxido de bario comunica al vidrio una serie de propiedades valiosas: un elevado poder de refracción de la luz, un amplio intervalo para el trabajo de vidrio, y facilidad en la clarificación de la masa fundida.

. MATERIAS QUE CONTIENEN ALUMINA . .

Con la alumina mejora la calidad del vidrio, sobre todo disminuye su tendencia a la cristalización y aumenta su resistencia a la acción de los agentes químicos.

Como su punto de fusión es muy elevado, se le puede emplear de un modo limitado, hasta un 10 % como máximo. Las combinaciones naturales y artificiales empleadas en la industria del vidrio, son las siguientes:

1...
alúmina anhidra, es un cuerpo casi siempre difícil de fundir, por cuya causa cuando hay que emplear el Al_2O_3 , sin otras materias que le acompañen, se suele usar una alumina hidratada.

2...
caolín, puede emplearse en lugar del hidrato de alumina en todos aquellos casos en que no se altera el contenido de sílice, pero en que puede variarse la cantidad de alcalinos.

3...
granito y syenita, estas rocas se han empleado como fundentes baratos a consecuencia de su poca cantidad de alcalinos (5-10 %).

El uso de estas rocas no se debe tanto a su contenido en alumina como a la cantidad de alcalinos que contienen, lo que en parte ahorra el tiempo de los flujos alcalinos. Naturalmente, tratándose de vidrios incoloros, estos cuerpos minerales sólo se pueden usar cuando contienen poco óxido de hierro.

También se emplean las escorias de alto horno como fundentes que contienen alumina y cal. La mitad de estas escorias se componen de sílice con un poco de alumina y de cal y con algo de magnesita; contienen también alguna unidades por ciento de sulfuro de hierro y de manganeso y por esta causa el vidrio que se fabrica con ellos suele presentar un color pardo hasta topacio.

.OXIDO DE ZINC Y DE CADMIO..

El óxido de zinc se emplea para producir ciertos vidrios especiales . Hasta 5-8 % puede substituir a la cal , haciendo la fusión más fusible, pero si sobrepasa estas cantidades favorece la desvitrificación . Para los vidrios de la mejor calidad se emplea el óxido de zinc químicamente puro . El óxido de zinc no puede contener más de 10 % de óxido de hierro , y de ser posible ha de estar exento totalmente de óxido de cobre . Para los vidrios ordinarios se emplea el óxido de cinc técnico , que por obtenerse directamente de los minerales contiene muchas materias secundarias . Sin embargo , tiene la ventaja de no ser tan esponjoso como el blanco de cinc puro, es decir , de ser más pesado.

El óxido de cadmio muestra en el vidrio un comportamiento análogo al óxido de zinc . Como su precio es elevado, el óxido puro de cadmio se emplea poco como materia prima en la fabricación del vidrio .

.OXIDOS DE TITANIO , CIRCONIO Y ESTAÑO... .

El óxido de titanio se emplea mucho en la actualidad porque aumenta el índice de refracción del vidrio, su resistencia a los agentes químicos , y eleva su punto de reblandecimiento . Casi siempre se emplea un óxido de titanio puro de fusión 1560 o c .

El óxido de circonio no comunica al vidrio otras propiedades distintas o mejores que las que le comunica la alúmina, sólo se emplea para la fabricación de algunos vidrios especiales .

El óxido de estaño es hoy día muy poco usado , pues no confiere al vidrio ninguna cualidad especial . Como reductor pasando por el estado metálico y el óxido estannoso . El cloruro estannoso se emplea como sal irisante y como medio de purificación en la fabricación de lunas para espejos .

.OXIDO DE PLOMO..

El óxido de plomo da al vidrio un gran poder de refracción , y a esto se debe de manera primordial su empleo . El óxido de plomo tiene un punto de fusión bajo, 880 o c . , y es reducido con facilidad, lo que debe tenerse en cuenta durante la fusión .

.OXIDOS DE ARSÉNICO, ANTIMONIO Y BISMUTO..

El trióxido de arsénico tiene aplicación como medio para clarificar y decolorar , y algunas veces para enturbiar el vidrio .

El óxido de antimonio más empleado es el trióxido de antimonio y alguna vez , más rara, en forma de antimonio sódico . La composición se funde más fácilmente , la viscosidad disminuye lo mismo que la dilatación , y lo que es más sorprendente , aumenta de manera notable la dureza mecánica del vidrio comunicándole un gran brillo .

El óxido de bismuto tiene un comportamiento análogo al del óxido de plomo . El vidrio de bismuto es fácilmente fusible y muy brillante . Sin embargo , los vidrios muy ricos en bismuto se tienen que fundir a bajas temperaturas ; de lo contrario se producen coloraciones negras como consecuencia de una disociación

. FELDESPATOS . .

Tienen la fórmula general $R_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6 SiO_2$ donde R_2O representa Na_2O o K_2O , o una mezcla de ambos . Presentan muchas ventajas sobre la mayor parte de otros materiales como fuente de Al_2O_3 , debido a que son baratos, puros y fusibles y a que están enteramente compuestos de óxidos que forman vidrio . Los feldespatos proporcionan también Na_2O , K_2O , y SiO_2 .

.VIDRIO DE DESECHO..

El vidrio de desecho es vidrio triturado de artículos imperfectos , de recortes y de otros desperdicios de vidrio . Facilita la fusión y utiliza el material que de otra forma se desperdiciaría . Puede emplearse muy poco, desde un 10 % de la carga hasta un 80 % .

Constituye una materia prima necesaria . No precisa de calor adicional para que se produzcan las reacciones, además esponja la mezcla , con lo cual la fusión se acelera .

tabla de los principales constituyentes que entran en la composición de los vidrios de óxidos y de las materias primas de los que son tomados para entrar en la composición..

constituyente

materias primas

Na₂O óxido de sodio	carbonato de sosa	CO ₃ Na ₂
	sulfato de sosa	SO ₄ Na ₂
	nitrate de sosa	NO ₃ N
	sulfato de sosa cristalizado	SO ₄ Na ₂ 10 K ₂ O
	cloruro de sodio	NaCl
	criolita	3 Al F ₃ NaF
	feldespatos bórax	10 B ₄ O ₇ Na ₂ H ₂ O
K₂O óxido de potasio	carbonato de potasa	CO ₃ K ₂
	sulfato de potasa	SO ₄ K ₂
	nitrate de potasa	NO ₃ K
	cloruro de potasio	Cl K
	antimoniato de potasa	SbO ₃ K
Li₂O óxido de litio	carbonato de litio	CO ₃ Li
BaO óxido de bario	carbonato de barita	CO ₃ Ba
	sulfato de barita	SO ₄ Ba
CaO óxido de calcio	carbonato de cal	CO ₃ Ca
	espatofluor	Ca F ₂
	fosfato de cal	CaHPO ₄ 2 H ₂ O
	dolomita feldespatos	CO ₃ Mg CO ₃ Ca
PbO óxido de plomo	litargirio	PbO
	minio	Pb ₃ O ₄
ZnO óxido de zinc	óxido de zinc	ZnO
MgO óxido de magnesio	magnesio	MgO
	carbonato de magnesio	CO ₃ Mg
	dolomita	CO ₃ Mg Co ₃ Ca
Sb₂ O₃ óxido de antimonio	óxido de antimonio	Sb ₂ O ₃
	antimoniato de potasa	Sb ₃ OK

Al₂O₃
alúmina

alúmina
criolita
feldespatos

Al₂O₃
³
AlF₃ NaF

B₂O₃
óxido de boro

ácido bórico
bórax

BO₃H₃
¹⁰
B₄O₇Na₂ H₂O

SiO₂
óxido de silicio

arenas

feldespatos

P₂O₅
óxido de fósforo

fosfato de cal

Ca₃(PO₄)₂

F
flúor

criolita
espatoflúor

³
AlF₃ NaF
CaF₂

tipos de vidrios y sus composiciones

vidrio de sílice pura

SiO₂ 99.5 %

Se obtiene por pirólisis a alta temperatura del tetracloruro de silicio, o por fusión de cuarzo o de arena pura. Usado principalmente por su baja expansión térmica y por su gran estabilidad a altas temperaturas. En consecuencia tiene una gran resistencia al choque térmico. Todo esto permite su uso por encima de los intervalos de temperaturas de otros vidrios. Es muy útil hasta temperaturas de 1000 °C. Cuando es muy puro, se usa por su transparencia a una gran gama de longitudes de onda en el espectro electromagnético y en las ondas del sonido.

También tiene buena resistencia eléctrica, química y dieléctrica. Su desventaja es la altísima temperatura que se necesita para su fabricación, aunque también puede obtenerse por medio de hidrólisis de SiCl₄; en cualquier caso es muy caro por lo que los artículos que se pueden fabricar con él son pocos en forma y dimensiones. Se usa para la fabricación de espejos ligeros para telescopios de satélites, reflectores de rayos láser, para crisoles especiales para la manufactura de cristales de sílice puro y germanio, para transistores y como tamiz molecular que deja pasar a través al hidrógeno y al helio.

Sus propiedades dieléctricas son excelentes pero su precio es elevado por lo que sus aplicaciones electrónicas son limitadas.

vidrio con 96 % de sílice

SiO₂: 96.5 % B₂O₃: 3 % Al₂O₃: 0.5 %

La técnica de fabricación, muy ingeniosa, permite obtener objetos soplados y prensados idénticos a los que se fabrican con los vidrios tradicionales.

Se hace por medio de formar un artículo de un tamaño mayor al requerido, de un vidrio borosilicato especial <relativamente suave, alto en B₂O₃>, se calienta para separar las fases SiO₂ y B₂O₃, se extrae B₂O₃ <ingrediente no silicato> filtrando con ácido y tratándolo a altas temperatura para encoger el artículo y cerrar los poros. Tiene buenas propiedades térmicas, una mayor temperatura de servicio y más bajo coeficiente de expansión que cualquier otro vidrio a excepción del vidrio de pura sílice. Es más caro que el vidrio borosilicato. Se usa para los conos de la nariz de los misiles, ventanas de vehículos espaciales y para algunos artículos de laboratorio que necesitan una excepcional resistencia al calor. Con una buena selección de materia prima se obtiene un vidrio transparente al ultravioleta, que se utiliza principalmente para lámparas germicidas. Tiene gran durabilidad química y es extremadamente estable frente a todos los ácidos excepto el fluorhídrico aunque lo ataca más lentamente.

silicatos alcalinos

Na₂O SiO₂

Na₂O 4 SiO₂

Los silicatos alcalinos son los únicos vidrios de dos componentes de importancia comercial. Se funden juntos arena y carbonato de sodio, que producen silicatos de sodio. La solución de silicato de sodio, también conocida como -agua vidrio-, se utiliza mucho como adhesivo para papel en la manufactura de cajas de cartón corrugado. Entre otros usos están los propios de un material incombustible. Las variedades más ricas en alcalinos se utilizan en lavandería y como integrantes de jabones.

vidrio de sosa-cal-sílice

SiO₂: 70-72 % Na₂O: 15-19 % CaO: 5.7-10 % Al₂O₃: 2.6 % MgO: 2.9 % K₂O: 1.2 % B₂O₃: 0.5 % S O₃: 0.2 %

Este vidrio es el más común de todos, usado en grandes cantidades para vidrio plano y en hojas <incluyendo ventanas>, envases y focos. Estos vidrios son fácilmente fundidos y formados, baratos y resistentes. Su índice de refracción es de 1.51 y su densidad es de 2.47.

La adición de sosa <Na₂O> y algunas veces de potasa <K₂O> a la sílice baja el punto de ablandamiento a 800-900 °C. La cal <CaO> y algunas veces la amargnesia <MgO> y la alúmina <Al₂O₃> se añaden para mejorar la resistencia química. La alúmina para impedir la desvitricación <crystalización>. Los boratos se añaden para mejorar el trabajo del vidrio y para bajar la expansión térmica y arsénico u óxido de antimonio para afinar <remover burbujas>.

Las propiedades eléctricas pueden variar ampliamente de acuerdo con la composición.

El vidrio crown es de este tipo aunque el vidrio crown moderno contiene bario en vez de cal.

vidrio de plomo-álcali-silice

SiO₂: 30-7% PbO: 18-65% Na₂O y/o K₂O: 5-20% Al₂O₃: 1.3%

Los vidrios de plomo se usan porque son fáciles de trabajar y porque el óxido de plomo reduce el punto de ablandamiento mucho más que la cal y por lo tanto facilita el hornado y el recocido. El óxido de plomo también incrementa el índice de refracción <1.54> y el poder de dispersión. Su densidad es de 2.86.

El vidrio flint para óptica y los artículos de masas de -cristal- son vidrios de plomo. También se usan para tubos de termómetros. Por su alta densidad se usan para partes de lámparas eléctricas y para tubos de anuncios de neón. También sirve para protegerse de las radiaciones de rayos -x- y de rayos gamma.

Las composiciones del mismo varían ampliamente: un vidrio que requiera una gran resistencia eléctrica contiene alrededor de 25% de PbO y 6 o 7% de Na₂O y 6 o 7% de K₂O; para un alto índice de refracción el contenido de PbO puede llegar a ser del 65%. En razón del elevado precio del óxido de plomo, la tendencia actual es la de reemplazarlo, en medida de lo posible por el óxido de bario.

vidrio borosilicato

SiO₂: 60-80% B₂O₃: 10-25% Al₂O₃: 1-4% Na₂O: 4.5% K₂O: 2% CaO: 2%

Tiene una baja expansión térmica, como de 1/3 de la del vidrio sílice-soca-cal, y por lo tanto, una mejor resistencia térmica. Se puede fabricar con una muy buena resistencia química <al agua y ácidos>, y una gran resistencia dieléctrica. Su índice de refracción es de 1.47 y su densidad es de 2.23.

Su alta temperatura de ablandamiento lo hace más difícil de trabajar que del vidrio sosa-cal o que el vidrio de plomo. Se usa para artículos de laboratorio, para tubos industriales, para termómetros que trabajan con altas temperaturas, para grandes espejos de telescopios, para artículos para hornear tales como -pyrex-, para juntas de lámparas muy calientes, para faros de automóviles y para tubos electrónicos de alto voltaje.

Su aplicación en la electrónica resulta muy particular, por sus buenas características eléctricas y por la posibilidad de ajustar la composición para obtener vidrios soldables con metales refractarios y aleaciones fierro-niquel-cobalto del tipo Kovar.

vidrios aluminosilicatos

SiO₂: 5-60% Al₂O₃: 20-40% CaO: 5-50.5% B₂O₃: 0-10%

Es otro vidrio de baja expansión y resistencia química que tiene un mayor servicio de temperatura que el vidrio borosilicato, pero es más difícil de fabricar por su ausencia en álcalis. Aparte de su resistencia química, son más resistentes a la devitrificación. Se usa para tubos de poder militares de alto funcionamiento, para tubos de transporte de ondas, para fabricar termómetros, para tubos de combustión, en general para todas aquellas piezas que se pongan directamente a la flama, para lámparas de proyección, para tubos catódicos de fósforo transparente y para muchas aplicaciones similares a las del vidrio borosilicato. Los aluminosilicatos se usan para los vidrios cerámicos, para pegamentos y para fibras.

Casi todos los artículos de laboratorio se fabrican con vidrio borosilicato, aluminosilicato o con un vidrio que se llama aluminoborosilicato <SiO₂: 54.4-74.7% Na₂O: 0.5-6.4% K₂O: 0-0.5% CaO: 0.9-2.2% BaO: 0-2.2% B₂O₃: 8.5-9.6% Al₂O₃: 5.6-14.5%>.

El escoger uno u otro depende de la aplicación que se le quiera dar; así el aluminosilicato se usa para trabajos que altas temperaturas o para trabajar con álcalis. El aluminoborosilicato es sólo un poco mejor que el borosilicato para la resistencia química pero tiene una mayor expansión térmica. El aluminoborosilicato que tiene bajo contenido de óxido de boro mejora la durabilidad química. El que es bajo en álcalis es usado ampliamente para fibras en compuestos de resina-vidrio.

vidrios ópticos

Existen varios cientos de vidrios ópticos de diferentes composiciones que dan al vidrio diferentes características para un propósito específico, como puede ser color, absorción de la luz dentro de un rango amplio o limitado del espectro, índice de refracción, propiedades fotocromáticas o cualquier combinación de estas características.

... vidrio crown de bario ligero

SiO₂: 45-50% B₂O₃: 3-5% Na₂O: 1% K₂O: 7%

BaO: 20-30% ZnO: 10-15% PbO: 0-5%

... vidrio crown de bario denso

SiO₂: 30-40% B₂O₃: 10-15% BaO: 10-15% ZnO: 0-10%

Al₂O₃: 0-10%

... vidrio flint muy ligero

SiO₂: 60% Na₂O: 5% K₂O: 8% PbO: 27%

... vidrio flint muy denso

SiO₂: 20-40% K₂O: 0-10.5% PbO: 50-80%

vidrio cerámico

SiO₂: 40-70 % MgO 10-30 % Al₂O₃: 10-35 %

Son sólidos policristalinos preparados por medio de la cristalización controlada de los vidrios. La cristalización se obtiene por medio de someter a los vidrios adecuados a un tratamiento térmico que produce la nucleación y crecimiento de fases de cristal dentro del vidrio; una fina y uniforme dispersión de los cristales en el vidrio.

En los vidrios cerámicos las fases cristalinas son producidas enteramente por el crecimiento del cristal desde una fase homogénea de vidrio y esto es lo que distingue a estos materiales de la cerámica tradicional, en donde casi todo el material cristalino se introduce cuando la composición de la cerámica está ya preparada, aunque algo de recristalización puede ocurrir o pueden crecer otros tipos de cristales debido a las reacciones del estado sólido.

En desarrollos posteriores se vió que los vidrios fotosensibles pueden ser opacados en las regiones en que se irradian por causa de la precipitación de cristales adicionales sobre los cristales metálicos originales. Los materiales de este tipo no deben considerarse como vidrios cerámicos, ya que el material cristalino presente constituye sólo una pequeña proporción del material final.

Las características físicas de los vidrios cerámicos pueden variarse en forma controlada, y este hecho tiene una importante aplicación práctica. Por ejemplo, el coeficiente de expansión térmica de los vidrios cerámicos puede variarse dentro de un rango muy amplio, de tal forma que en un extremo son posibles los materiales que tengan un bajo coeficiente de expansión y que tengan muy buena resistencia al choque térmico, mientras que en el otro extremo se pueden obtener materiales con un alto coeficiente de expansión térmico parecido a los de los metales comunes.

Los vidrios cerámicos tienen muchas propiedades superiores, tales como alta durabilidad y resistencia al impacto, bajo volumen, conductividad eléctrica en la superficie, baja pérdida dieléctrica, baja reactividad química, bajo coeficiente de expansión térmica y un gran rango de propiedades ópticas que van del transparente a completamente opaco o blanco, como resultado de la dispersión de la luz de los cristales. Tiene una resistencia flexional más alta que la de las cerámicas convencionales de composición química semejante y alcanzan 200 MPa y más. Son más refractarias que los vidrios comunes, pero menos que los refractarios comunes de óxido. Pueden soportar temperaturas de 1000 a 1100 °C durante más de 1000 h sin sufrir cambios apreciables en sus propiedades. Las formulaciones de baja expansión térmica son prácticamente inmutables al rompimiento por choque térmico. Estos productos pueden fabricarse con tolerancias dimensionales cercanas en una amplia variedad de formas y tamaños, empleando métodos convencionales de formación de vidrio. La marca Pyroceram de Corning se utiliza en utensilios para cocinar-servir-guardar.

La investigación y el desarrollo de los vidrios cerámicos están relacionados con los estudios de nucleación y cristalización de líquidos superenfriados y son por lo tanto de interés general en este campo. Para el técnico del vidrio, el desarrollo de los vidrios cerámicos es de gran interés no sólo porque ellos extienden las posibles aplicaciones de las técnicas de manufactura del vidrio, sino también porque la búsqueda de nuevos tipos de vidrios cerámicos estimula la investigación de composiciones de vidrio y las relativas estabildades de varios tipos de este material.

El más adecuado para los artículos de uso doméstico es el Corning 9608 que es de baja expansión y de baja reactividad química.

-vidrios cerámicos

...orning 9606

2MgO . 2Al₂O₃ . 5SiO₂

Este vidrio es de baja expansión y es transparente al radar. Se usa para radomos.

...orning 9608

B-Spoudumene

Es de baja expansión y de baja reactividad química. Se usa para utensilios de cocinar.

...ovens-illinois cer. vil.

Li₂O-2SiO₂

Vidrio se baja conducción eléctrica y gran resitencia. Se usa para aisladores.

Otros usos importantes de los vidrios cerámicos son rodamientos, intercambiadores de calor, varillas de control de reactores, como selladores, cubiertas de tubos de vacío, substratos para circuitos electrónicos y capacitores.

vidrios metálicos

Lo más común es que los metales solidifiquen en forma cristalina, sin embargo también pueden tomar una estructura vítrea. un método para formar vidrios metálicos es enfriar al líquido rápidamente, del orden de 10⁶ K/s; así no se deja el tiempo para la formación de cristales y resulta un vidrio metálico.

Tiene una conductividad similar en magnitud a la de un sólido y a un metal líquido y un comportamiento óptico típico de un metal.

vidrios especiales

Algunos de los siguientes vidrios han sido desarrollados para aplicaciones especiales, otros son de interés porque sus ingredientes son inusuales.

vidrio libre de sílice para lámparas de descarga de vapor de sodio

B₂O₃: 36 % Al₂O₃: 27 % BaO: 27 % MgO: 10 %

vidrio para lámparas de luminiscencia

SiO₂: 66 % Al₂O₃: 3.8 % F: 2 % Na₂O: 10 %
K: 6 % Ca: 3.5 % ZnO: 4.3 % Sulfuro cálcico: 1 %
sulfuro de zinc: 1.8 % sulfuro de cadmio: 1.2 %
sulfuro de manganeso: 0.65 %

El color de este vidrio es amarillo-anaranjado

vidrio de fosfato con alta resistencia a Hf

P₂O₅: 72 % Al₂O₃: 18 % ZnO: 10 %

vidrio -soldadura suave- con una temperatura de transformación abajo de 400 o C

SiO₂: 5 % B₂O₃: 15 % PbO: 64 % ZnO: 16 %

Se obtienen sobre la base de fundentes cerámicos que son el B₂O₃, ZnO, y PbO, o de vidrios de esta clase con algo de SiO₂.

Si dichos vidrios contienen Cd O además de SiO₂ y B₂O₃ junto con CaF y Al₂O₃ cabe utilizarlos como absorbentes de neutrones lentos.

vidrio Lindeman con baja absorción de rayos x

Todos los átomos metálicos tienen un bajo número atómico

B₂O₃: 83 % BeO: 2 % Li₂: 15 %

vidrio absorbente de neutrones con alto contenido de cadmio

SiO₂: 26 % Al₂O₃: 2 % CdO: 64 % CaF: 8 %

vidrio con alto contenido de plomo para absorber rayos x o gamma

es un vidrio flint muy denso

SiO₂: 20 % Pb: 80 %

vidrio telururo con alto índice de refracción <como 2.2> y con una constante dieléctrica <valor estático de 25>

TeO₂: 80 % PbO: 14 % BaO: 6 %

vidrio óptico de alta refracción y baja dispersión

La₂O₃: 20 % B₂O₃: 40 % Tm₂O₃: 20 % BaO: 20 %

vidrio semiconductor de vanadato

V₂O₅: 85 % P₂O₅: 10 % BaO: 5 %

vidrio semiconductor calcogénico transparente al infrarrojo

As: 44 % Te: 24 % I: 32 %

vidrios dieléctricos calcogénicos transparentes al infrarrojo

As₂S₃: 100 %

As: 40 % Ti: 20 % S: 40 %

vidrio de superficie reforzada

SiO₂: 55 % Na₂O: 16 % K₂O: 2 % CaO: 2 %

B₂O₃: 2 % Al₃O₃: 19.5 % TiO₂: 2 %

vidrio de alta resistencia mecánica

vidrio elemental <consiste en un elemento puro>

S: 100 %

vidrios fotoformes

Es un silicato de litio modificado por óxidos de protasio y aluminio, y que contiene trazas de copuestos de cerio y de plata como ingredientes fotosensibles. Al ser expuesta a la luz ultravioleta, se forman núcleos por la plata sensibilizada por el Cerio, alrededor de los cuales se forma una imagen de metasilicato de litio que se revela por medio de un tratamiento térmico a cerca de 600 ° C. El metasilicato de litio soluble en ácido puede eliminarse por medio de ácido fluorhídrico al 10 %. Si la exposición a la luz se hace a través de un negativo fotográfico a partir de un dibujo, el resultado final es una reproducción en vidrio de gran precisión y con detalles muy complicados. Por ejemplo, las tabletas de circuitos eléctricos en hoja de vidrio pueden hacerse así en forma barata y precisa. El proceso ha sido limado maquinado químico del vidrio.

vidrio fotosensible rojo rubí

SiO₂: 72 % Na₂O: 17 % CaO: 11 % Au: 0.02 %
Se: 0.04 %

vidrio fotocromático

SiO₂: 60 % Na₂O: 10 % Al₂O₃: 20 %
Ag: 0.6 % Cl: 0.3 % I: 0.9 % • tipo de vidrio que se pretendía utilizar en el servicio de mesa

El fotocromismo es el fenómeno de ciertos materiales que se oscurecen cuando se exponen a la luz solar o a otra radiación electromagnética adecuada y el obtener su color original cuando se les separa de esa radiación. Este vidrio se utiliza para que cambie de color en contacto con la comida. El vidrio, como se sabe, deriva su color por razones de su selectiva absorción de luz, por lo que un vidrio azul o violeta es prácticamente opaco a los rayos rojos y un vidrio rojo es opaco al azul, verde y violeta.

Los vidrios fotocromáticos son estables, inertes, impermeables, fuertes y no conductores, ofreciendo ventajas estructurales sobre los plásticos y los metales.

Los vidrios fotocromáticos consisten principalmente de dióxido de silicio, al que se le añaden elementos accesorios que le dan a esta base las propiedades fotocromáticas. Los aditivos reaccionan o se precipitan en respuesta a la iluminación y al calor. El vidrio base afecta las propiedades de los vidrios fotocromáticos resultantes por medio de influenciar en el tamaño y en la composición de las partículas precipitadas y en la velocidad de reacción.

Las propiedades fotocromáticas son reversibles y no están sujetas a la fatiga. Algunos especímenes de este vidrio han sido expuestos a miles de ciclos sin ningún deterioro en su desempeño. La explicación científica de este proceso fotocromático es la manufactura de un vidrio en el cual existen partículas submicroscópicas de haluros de plata que reaccionan en forma diferente a como lo hacen los haluros de plata fotográficos comunes cuando son expuestos a la luz. Estas partículas diminutas son de unos 5 nm de diámetro y tienen una concentración de más o menos 10 a la 15 por centímetro cúbico; están encajadas en el vidrio, lo cual asegura que los centros fotolíticos de color no se difundan y se aglomeren para formar partículas de plata más grandes y estables, o que no reaccionen químicamente para producir una descomposición irreversible del haluro de plata como la que tiene lugar en el proceso fotográfico cuando se forman partículas de plata mayores y opacas.

Estos vidrios fotocromáticos se utilizan en los lentes para sol, ventanas e instrumentos y procesos en los que se requiera un control dinámico de la luz solar.

vidrios fotocromáticos de silicato

Son como los vidrios fotoformes pero poseen las siguientes propiedades:

- oscurecimiento óptico en la luz, partiendo del ultravioleta a través del espectro visible;
- blanqueado óptico o decoloración en la obscuridad
- blanqueado térmico a temperaturas más elevadas

vidrios de germanio

Son más fáciles de fundir que los análogos de silicio. Los colores son los mismos. El índice de refracción es elevado. El GeO₂ fundido tiene las mismas propiedades que el vidrio de SiO₂.

vidrio permeable a la radiación UV

SiO₂: 2.1 % ácido bórico: 4.6 % CaO: 25.5 %
ácido fosfórico: 66.5 %

vidrio resistente a la acción del mercurio

SiO₂: 68 % ácido bórico: 8 % Al₂O₃: 3 % sosa: 3 %
K: 13 % cal: 4 %

CLASES DE VIDRIO

La clasificación del vidrio en sus diferentes clases puede hacerse en tres grupos principales : vidrio hueco...vidrio plano...y vidrios especiales..... que incluyen todas las suertes de vidrio especial ;vidrio de varillas y tubos , vidrio hilado , vidrio para piezas de construcción , etc . Como grupo aparte de los anteriores se halla el formado por los vidrios de color .

vidrio hueco

El vidrio hueco ordinario <vidrio verde , vidrio de color natural y vidrio de botellas ,, vidrio para envases de toda clase y el vidrio hueco blanco .

a. , vidrio hueco ordinario <vidrio de botellas>

Hay dos tipos de vidrio de botellas : uno que es rico en alúmina y que en lugar de carbonato sódico emplea perita que es más barata : SiO_2 : 58.8 5 Al_2O_3 : 16 % FeO : 1.4 % MgO : 3 % CaO : 10.7 % Magnesia : 1 % álcalis : 10.8 % y S O_3 : 0.4 %

El otro tipo de vidrio es más blando que el anterior . Por su composición se aproxima al vidrio hueco blanco con escaso porcentaje de alúmina , y por lo menos 15 % de álcalis . Estos dos tipos de vidrio se diferencian , además , por su color : El tipo duro ofrece un color [ardo oscuro que para obtenerlo sólo se pueden emplear el óxido de hierro con piroxilita , mientras que el tipo blando -alimentación- se puede colorear por el procedimiento barato de azufre-carbón .

b. , vidrio hueco semiblanco y blanco

El vidrio hueco semiblanco se denomina también vidrio ordinario , o vidrio corriente , y se emplea especialmente en la economía doméstica . A este grupo pertenecen todos los vidrios de uso doméstico e industrial como vasos , copas , cápsulas , envases para conservas y para otros productos .

El vidrio ordinario corresponde a la porcelana de uso corriente , mientras que el cristal es más bien objeto de lujo . Se le emplea para cristalería fina y para objetos de fantasía . Comprende dos grupos : el cristal de cal <de Bohemia , y el cristal de plomo . El vidrio de bohemia tiene : SiO_2 : 72 % Na_2O : 18 % CaO : 10 %

Un cristal de plomo verdadero con 18 % de PbO debe contener como máximo 15 % de potasio , porque sólo así responde a la estabilidad química requerida y al mismo tiempo al peligro de desvirificación que se deduce de la regla del vidrio de plomo .

149

vidrio plano

El vidrio plano delgado es casi siempre completamente plano , de un espesor uniforme ; sus dos caras son lisas y posee una gran transparencia . Las mejores calidades tienen sólo ondulaciones débiles que pierden por el pulido . Según su espesor los vidrios planos se clasifican en : 4/1 hasta 2.3 mm 6/1 hasta 3 mm 8/1 hasta 3.8 mm de grueso .

Aparte de los vidrios para construcción se fabrican otros vidrios especiales , por ejemplo para ferrocarriles y automóviles <que es templado> , el vidrio para muebles , el vidrio para incrustaciones sobre espejo , el vidrio fotográfico , grabado , blindado , opalescente , translúcido , de seguridad etc .

La composición química del vidrio plano obtenido mecánicamente se ha fijado después de muchos progresos , de manera que se obtenga un vidrio relativamente blando , sobre todo con el fin de evitar todo peligro de desvirificación durante el estrado . A este fin sirve la introducción de una pequeña cantidad de alúmina y la sustitución parcial de la cal por magnesia .

En cambio en los vidrios planos gruesos o en las lunas , que son coladas o laminadas , pero no estradas , se han mantenido los contenidos en cal y sosa normales , siendo su composición química la de un vidrio duro . Las lunas que han experimentado el pulido con abrasivos pueden ser de dos calidades : la primera se emplea para la fabricación de espejos y la segunda para placas destinadas a otros usos , por ejemplo : ferrocarriles , coches , muebles , etc . Se obtiene además una calidad especial , negra u opaca .

vidrios especiales

..a.. para aplicaciones físicas e industriales

De este tipo de vidrios ya se habló en el tema de tipos de vidrios especiales , en donde se dieron sus composiciones y algunas aplicaciones .

..b.. lana de vidrio y fibras de vidrio

Las fibras de vidrio se producen a partir de vidrios de composiciones especiales resistentes a las condiciones de intemperie . Este vidrio es bajo en sílice , alrededor de 60 % y bajo en álcalis .

cal : 27 % magnesia : 5 % Al_2O_3 : 9 % Sílice : 60 %

Los productos básicos de la industria de fibra de vidrio incluyen los tipos siguientes :

- Janas enlazadas o no
- felpudos de fibras textiles o de filamentos cortados
- paquetes , fibras burdas para filtros de aire
- hebras textiles y mechas de fibras textiles

Las fibras estiradas se utilizan para reforzar diversos plásticos y con el producto obtenido se fabrican tuberías , tanques y artículos deportivos , cañas de pescar y esques . Las resinas más comunes que se emplean son las epóxicas y los poliésteres . Cabe destacar que se han hecho esfuerzos para producir una fibra para reforzar el hormigón que no sea atacada ni debilitada por los álcalis . Las mejores de estas fibras resistentes al álcali se hacen a partir de un vidrio que contiene hasta 17 % de ZrO .

... c . , espuma de vidrio y vidrio esponjado

Los vidrios que tienen huecos y concavidades vacías han adquirido últimamente importancia industrial . Bajo el concepto general de vidrios porosos se incluyen una serie de cuerpos que llevan distintas denominaciones , como -espuma de vidrio- , -vidrio espumoso- que se dividen a su vez en vidrios esponjados y fundidos .

La idea principal que fundamenta el desarrollo del vidrio celular es la de que al obtener un material ligero con buen aislamiento al sonido y al calor , la cual debido a su carácter inorgánico es inflamable y debido a su rigidez , aplicable a una gran variedad de utilidades en la construcción .

Las propiedades físicas del vidrio celular dependen del tamaño , número y distribución de las ampollas de aire . Entre más chicas sean estas vesículas menor será el efecto que tengan sobre las propiedades físicas del vidrio . Pequeñas burbujas de aire del tamaño comparable con las ondas de luz , presentes en un número suficientemente grande , provocarán reflexión , refracción y difracción de la luz y por lo tanto provocarán la opacidad pero no afectarán la resistencia mecánica , el aislamiento del sonido y del calor del vidrio .

El aislamiento del sonido y del calor serán notorias cuando el tamaño y número de las burbujas sea tan grande en tamaño y número que la densidad aparente del vidrio sea materialmente reducida . Un vidrio celular tendrá buenas propiedades cuando su poro sea de alrededor de 0.5 a 5 mm si el tamaño de la pared es relativamente delgado con respecto al diámetro del poro . Mientras la resistencia mecánica decrece con el incremento del tamaño del poro , las propiedades de aislamiento al calor se incrementan . El aislamiento al ruido dependerá de la densidad aparente y se incrementará con el decremento de la densidad , mientras que el tamaño real del poro será de menor influencia . La rápida destrucción de las celdas de las paredes por un rápido enfriamiento de 350 o a temperatura ambiente se reporta como un gran incremento de aislamiento al ruido .

La densidad aparente será entre 0.25 y 0.5 comparada con 2.5 de el promedio para vidrio sólido . La conductividad del calor de un vidrio celular promedio será mejor que la de los ladrillos de vidrio huecos y similar a los ladrillos diatómicos y tan baja como esa de los conglomerados de corcho .

La resistencia mecánica del vidrio celular es mucho menor que la del vidrio sólido . Su resistencia a la compresión de alrededor de 40 kg/cm cuadrado , es satisfactoria para casi todas las aplicaciones . El impacto local será menos dañino para el vidrio espumado porque la propagación radial de algo soplado será disminuida grandemente y el daño será sólo local .

APLICACIONES

El vidrio celular puede ser serroteado , clavado y en otros casos tratado como la madera . La puede reemplazar en casi todos los aspectos y puede usarse también como sustituto para el papel , piel artificial y para la manufactura de vidrio de seguridad .

El vidrio espumado es un material celular rígido , se usa extensamente como aislante térmico . El vidrio celular es incombustible y aislante al fuego .

Las propiedades rígidas del vidrio celular lo hacen particularmente adecuado por el aislamiento de paredes de ladrillos . Se usa como corazón entre las capas , exterior e interior de ladrillos o de otro tipo de albañilería .

El material también se usa como cobertura de techos . Los bloques se colocan en la superficie alquitranada del techo . La superficie exterior también se cubre con materiales asfálticos y para terminar la superficie se usa papel pesado para techos o grava . El aislamiento de paredes , techos y pisos de cuartos o edificios de almacenamiento de congelación así como equipo de refrigeración y tuberías se incluyen en este campo .

El vidrio celular puede usarse en contacto con cuerpos metálicos que operan a temperaturas arriba de 426.24 o C . El vidrio celular tiene una densidad aparente de 0.16 por lo que es adecuado para flotación para una gran variedad de aplicaciones , como indicadores de nivel de líquidos .

Los tejidos de vidrio y el vidrio celular se emplean en la cabina y la cola de los aviones . Se revisten de tejidos de vidrio que aumentan la resistencia del metal y de la madera en un 50-80 % .

La lana o el algodón de vidrio son excelentes materias aislantes usadas para el revestimiento de las calderas y conducciones de vapor . Los tejidos que se obtienen con fibras de vidrio son incombustibles y poseen una elevada resistencia a la acción de los agentes químicos , utilizándose estas propiedades para la confección de trajes protectores ; se les emplea también como lienzo para filtrar y como telas decorativas .

En la espuma de vidrio tenemos a esta materia en una forma completamente nueva ; es un cuerpo muy ligero , de una capacidad de aislamiento térmico muy grande ; se puede aserrar y clavetear como la madera ; flota sobre el

agua y puede, en este sentido, substituir al corcho en los salvavidas, botes de salvamento, etc.

.d. ladrillos de vidrio

Existen tres clases de ladrillos de vidrio, considerados desde el punto de vista de su fabricación: los soplados con la boca, los prensados y los soplados mecánicamente.

vidrios de colores

Los vidrios transparentes de colores son esenciales en la actualidad, para propósitos técnicos o científicos, para marcas distintivas en los aparatos de vidrio, como vidrios de sellador de metal fácilmente identificables, como filtros de luz y para artículos decorativos. Se producen en varios cientos de colores.

Los fabricantes de vidrio aparte de producir un vidrio con el color deseado tienen que producir uno cuyas propiedades de trabajo y coeficiente de expansión estén muy cercanos al mismo tipo de vidrio incoloro. Los vidrios poco viscosos, por ejemplo, los vidrios con adición de ácido bórico dan mejores colores. Aunque las cantidades necesarias para colorear el vidrio sean muy pequeñas, el color final, a temperatura ambiente depende no sólo de la cantidad del aditivo y de su pureza sino también de la combinación de aditivos usados.

Estos vidrios pueden ser de alguno de los tres tipos siguientes:

a— el color se produce mediante la absorción de algunas frecuencias de luz por algunos agentes disueltos en el vidrio. Los agentes colorantes de este grupo son los óxidos de los elementos de transición, especialmente los del primer grupo, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, y Cu. Esta clase se puede subdividir en la de aquellos en los que el color se debe al medio químico estructural, y la de aquellos en los que el color se debe a diferencias en el estado de oxidación. Como ejemplo de la primera el NiO disuelto en vidrio de sodio-plomo proporciona un color café; pero disuelto en vidrio de potasa da color heliotropo. En este último los óxidos de cromo producen colores que van del verde al anaranjado, según la proporción del óxido básico Cr₂O₃ respecto al óxido ácido y de la composición del vidrio, por ejemplo, de si éste es básico o ácido.

b— el color es producido por partículas coloidales precipitadas dentro de un vidrio originalmente incoloro mediante un tratamiento térmico. El ejemplo clásico es la precipitación de oro coloidal, que produce un vidrio de color rubi dorado.

c— el color es producido por partículas microscópicas o más grandes que pueden ser ellas mismas coloridas, como los rojos de selenio < Se O₂ > que se emplean en los vidrios para semáforos, pantallas de lintemas, etc; o bien las partículas pueden ser incoloras y dan lugar a vidrio opalescente.

El color del vidrio para recipientes es mucho mejor que antes debido a la mejoría en la selección y en la purificación de la materias primas, así como al uso del selenio como decolorante. Los resultados nuevos se relacionan más bien con las coloraciones producidas por las soluciones coloidales de pigmentos.

Los vidrios recubiertos se fabrican depositando películas metálicas transparentes en la superficie de vidrio incoloro o de color. Las películas se preparan para que proporcionen algunas características de transmisión o de reflexión.

los vidrios opalinos

Son claros cuando están fundidos, pero se vuelven opalinos a medida que el vidrio va tomando forma, debido a la separación y a la suspensión en ellos de partículas diminutas de varios tipos, tamaños y densidades, que dispersan la luz que los atraviesa.

A menudo el vidrio opalino se produce moliendo cristales no metálicos de partículas nucleadas de plata, que se producen a partir de un vidrio originalmente claro que contenga plata. Este vidrio se emplea para obtener efectos arquitectónicos en persianas, para la transmisión de longitudes de onda específicas y para vajillas.

colores y aditivos que los producen

AZUL

pesos porcentuales

SiO₂: 71% CaO: 7.2% PbO: 3.5% Na₂O₃: 17.1% As₂O₃: 0.5% CuO: 0.2% NiO: 0.4%.

partes

arena 80 parte, sosa 12-13, potasa 15, fluorita 10, feldspato 5, criolita 4-8, salitre 4, mirio 5, arsénico 1, óxido de cobre 2-5, óxido de cobalto 0.03, manganeso 0.2.

aditivos

azul profundo	óxido de níquel	
indigo	vidrio a la sosa	protóxido de cobalto
azul franco	vidrio a la sosa	cloruro de oro
azul celeste	vidrio a la potasa	bióxido de cobre
azul turquesa	vidrio a la sosa o a la potasa	bióxido de cobre
azul verdoso	vidrio a la sosa	bióxido de cobre
	vidrio a la potasa	protóxido de hierro
	protóxido de cobalto	protóxido de hierro

Los rayos infrarrojos y rojos, que son los más caloríficos del espectro se definen con las sustancias de color azul. Por esto se adoptan los vidrios azules para evitar el excesivo calor producido por los rayos solares a través de las vidrieras de las oficinas, talleres, etc.

El mejor sistema es aplicar vidrios azules de cobalto o embadurnar los vidrios con soluciones de silicato de sosa coloreado de azul, con una solución saturada de sulfato de magnesio y sulfato de cobre o con barniz de alcohol coloreado con azul resistente a la luz.

El valor del vidrio azul se debe en parte a su propiedad de absorber el calor radiante.

VERDE

pesos porcentuales

SiO₂: 74.3 % CaO: 4.3 % MgO: 3.1 % Na₂O: 17.3 %
As₂O₃: 0.2 % CuO: 0.03 % U₃O₈: 0.2 % Cr₂O₃: 0.03 % FeO: 0.5 %

partes

arena 100 partes, sosa 30, feldespato 32, fluorta 25, criolita 12-15, salitre 4, bicromato 2-5, óxido de cobre 1, óxido de uranio anaranjado 0.81.

Para 1.000 parte de vidrio base <con fosfato de cal> se usan:

verde claro opal óxido de cromo 5 partes.

verde esmeralda opal óxido cúprico 25 partes CrO 15 partes.

aditivos

verde botella	vidrio a la sosa o potasa	sesquióxido de hierro
	vidrio al plomo	bióxido de cobre
verde esmeralda	vidrio al plomo	bióxido de cobre + óxido de uranio
verde hierba	vidrio a la sosa	sesquióxido de cromo
verde rojizo	vidrio al plomo	sesquióxido de cromo
verdeamarillo	vidrio a la sosa	óxido de uranio
	vidrio a la potasa	sesquióxido de cromo
	vidrio al plomo	sesquióxido de hierro o protóxido de hierro
verde amarillo fluorescente	didimio <para filtros de rayos uv>	

AMARILLO

pesos porcentuales

SiO₂: 69.7 % CaO: 4.1 % MgO: 3 % Na₂O: 18 %
TiO₂: 2.5 % CeO₂: 2.5 % otros 0.2 %

partes

para 1.000 partes de vidrio base se usan: amarillo japon: óxido de uranio 25 partes

aditivos

amarillo pálido	vidrio a la sosa	carbón y azufre
amarillo limón	vidrio a la potasa	óxido de uranio
amarillo oro	vidrio a la sosa	óxido de plata
	vidrio a la potasa	carbón y azufre
amarillo	sulfuro de cadmio	
	bióxido de cerio y titanio	

amarillo de azufre y carbón

Por adición de azufre como tal o en forma de sulfuros y carbón se pueden producir coloraciones que van desde el amarillo hasta el rojo pardo, atribuidas a la formación de polisulfuros. Los grados inferiores de polisulfuros colorean de un dorado de vino hasta anaranjado y rojo oscuro. Empleando vidrios fuertemente ácidos, si son ricos en hierro se obtiene un matiz gris que se debe a la formación de sulfuro de hierro. Para lograr un hermoso color amarillo de carbón, lo mejor es emplear un vidrio blando, pobre en ácido y que contenga poco hierro. Se utiliza una reducción moderada de la masa fundida.

AMBAR

pesos porcentuales

SiO₂: 70.5% CaO: 2.7% PbO: 8.4% Na₂O: 15.9%
As₂O₃: 0.5% B₂O₃: 1.3% otros: 0.7%

aditivos

topacio	vidrio a la sosa	óxido de uranio
ámbar	sulfuro	óxido de hierro

ANARANJADO

pesos porcentuales

SiO₂: 70% Na₂O: 15% CaO: 6% Al₂O₃: 2.6% MnO: 2.9%
K₂O: 1.2% B₂O₃: 0.5% SO₃: 0.2% Ag₂O: 2.6%

aditivos

anaranjado	vidrio a la sosa	óxido de plata
	vidrio a la potasa	óxido de plata
	vidrio al plomo	antimonio de plomo
	<naranja opaco>	
anaranjado	sulfuro de cadmio con selenio	

153

ROJO

pesos porcentuales

SiO₂: 71.3% CaO: 0.4% ZnO: 10% Na₂O: 11.7%
K₂O: 4.5% B₂O₃: 0.3% CdO: 1.4% otros: 0.4%

aditivos

rojo vivo	vidrio a la potasa	cloruro de oro
	vidrio al plomo	cloruro de oro
	protóxido de cobre	
rojo anaranjado	vidrio a la sosa	sulfito de cadmio
rojo cobre	vidrio a la sosa	protóxido de cobre
rojo púrpura	vidrio a la sosa	cloruro de oro
	vidrio a la potasa	protóxido de cobre más bióxido de estaño
rojo lila	didmio	
rojo	sulfuro de cadmio con selenio	
rojo y rojo café	selenio	
rojo rubí	trazos de oro coloidal	
	cobre coloidal	
rojo rubí	vidrio a la potasa	cloruro de oro
	vidrio al plomo	peróxido de manganeso más oro

rubí de selenio

La coloración se produce por la separación en la masa del vidrio en un estado de una elevadísima dispersión de cristallitos de seleniuro de cadmio y de sulfuro de cadmio. A la composición se agrega sulfuro de cadmio y seleniuro de sodio, o selenio. La presencia del óxido de zinc facilita la formación del color aunque su acción no haya sido por ahora bien explicada.

La elevadísima dispersión en que llegan a encontrarse los cristallitos es producida por una acción específica del calor que aclúa dando origen a la materia colorante propiamente dicha. Eligiendo adecuadamente la composición de la mezcla que forma el vidrio puede conducirse el tratamiento térmico dicho, de manera que se produzca el

color dentro de las normas de manipulación corrientes .

rubi de antimonio

La formación de este vidrio de color rojo intenso es debida a que se forman cristallitos ultradispersos de sulfuro de antimonio disuelto en el vidrio . La composición no se prepara empleando el sulfuro de antimonio , sino una mezcla de trióxido de antimonio azulre y carbón , que actúa como reductor . Sólo dentro de una zona muy limitada en la proporción de estas tres substancias se puede lograr , durante la fusión las condiciones precisas de reducción para que la coloración de un rojo intenso aparezca durante el templado subsiguiente . La coloración se produce a una temperatura relativamente alta , comenzando a los 580 o C . Los vidrios de rubi de selenio también engendran el color a temperaturas altas , mientras que el rubi de cobre ya muestra su color a 470 o C . Un buen vidrio de sulfuro de antimonio puro tiene un color rojo intenso que difícilmente se distingue del color rojo de un rubi de cobre . En presencia de un poco de óxido de hierro se obtiene un rojo granata mate .

Los rubis de cobre y de oro deben su color a la separación de cristales metálicos ultradispersos , como en los casos de los vidrios antes vistos .

ROSA

pesos porcentuales

SiO₂ : 74.3 % CaO : 6.5 % Na₂O : 10.8 % K₂O : 7.3 % As₂O₃ : 0.3 % B₂O₃ : 0.4 % Se : 0.4 %

aditivos

rosa	vidrio a la sosa	selenio
	vidrio a la potasa	cloruro de oro
	vidrio al plomo	cloruro de oro
	óxido de manganeso con óxido de hierro	
incoloro	seleniato , oxidación fuerte	
incoloro	selenio , oxidación normal	
rosa	selenio elemental , oxidación débil	
parco	poliseleniuros , reducción débil	
rojo parco	seleniuro de hierro , seleniuro de hierro mas FeO	
incoloro	seleniuro , reducción fuerte	

rosa de selenio

Para la obtención de rosa se recomienda mantener una atmósfera ligeramente oxidante , a lo que se debe el uso muy estendido del nitró y del arsénico . Los vidrios potásicos casi siempre dan un rosa más puro que los sódicos , y para conseguir un mismo matiz necesitan menos materia colorante . Hasta las arenas empleadas para producir el vidrio pueden contener el carbón en cantidad suficiente para que se produzca dicha coloración . En los vidrios ácidos la coloración rosa es más persistente que en los alcalinos . Los vidrios de plomo , cuando contienen mucho también se colorean más o menos de amarillo parco , debido a una oxidación .

CARNE

partes

para 1.000 partes de vidrio base <con fosfato de cal> se usan: bióxido de manganeso 50 partes .

CAFE

aditivos

café	trazas de oro coloidal
	óxido de níquel u óxidos de cobalto

VIOLETA

pesos porcentuales

SiO₂ : 70 % CaO : 8 % Pb : 3 % Na₂O₃ : 17.17 %
As₂O₃ : 0.5 % CuO : 0.2 % NiO₂ : 0.4 %

aditivos

amatista oscuro	vidrio a la potasa	protóxido de níquel
amatista claro	vidrio a la potasa	bióxido de manganeso
violeta rojizo	vidrio a la sosa	bióxido de manganeso
	vidrio al plomo	bióxido de manganeso
violeta amarillento	vidrio a la sosa	protóxido de níquel
violeta	óxido de manganeso con óxido de hierro	
	óxido de níquel y óxidos de hierro	

EMPLOMADO

pesos porcentuales

SiO₂ : 67.2 % CaO : 0.9 % PbO : 14.8 % Na₂O : 9.5 %
K₂O : 7.1 % As₂O₃ : 0.5 %

NEGRO

aditivos

negro profundo sulfuro con plomo , hierro , níquel o cobalto
negro o hialita carbón y azufre

OPAL O BLANCO

partes

arena 100 partes , sosa 32 , feldespato 32 , fluorita 25 , criolita 12-15 , salitre 2.5 , manganeso 0.2 % .
arena 80 partes , sosa 13 , potasa 14 , fluorita 10 , feldespato 5 , criolita 6 , salitre 4 , minio 4 , arsénico 1 ,
manganeso 0.15 .

aditivos

opal arsénico con óxido de plomo ácido fosfórico .
un ingrediente que oo promueve la transparencia a los rayos uv o la opacidad cuando se usa con hierro
ferroso

vidrio blanco opaco

Se colorea con antimonio ; o para mayor economía con óxido de estaño o con fosfato . La opalina debe al fosfato de cal su aspecto lechoso y a la adición de fluoruros los reflejos tornasolados rojos y amarillos que presenta bajo la luz artificial .

vidrios de seguridad

Los vidrios de seguridad pueden agruparse en dos clases generales:

vidrios de seguridad laminados y vidrios de seguridad reforzados por calor (o templados) o endurecidos por encajonamiento . El vidrio alambrado puede considerarse también como de seguridad .

El vidrio de seguridad laminado consiste en dos hojas o láminas delgadas de vidrio , cada una de un espesor aproximado de 3 mm , con una hoja de material plástico no quebradizo entre las dos .

El vidrio empleado tiene las mismas propiedades físicas del vidrio común , por lo que las características propias de seguridad dependen únicamente de la capacidad de la intercapa de plástico para sostener los fragmentos causados por la rotura accidental del vidrio mismo .

El vidrio templado o reforzado es muy fuerte y duro . Se utiliza para puertas y ventanas de automóviles y para tuberías . Posee altas tensiones internas y si la superficie se rompe , se hace añicos . Este vidrio es en realidad muy fuerte ante la compresión y muy débil a la tensión . El interior tira de la superficie exterior comprimiéndola mientras que el interior desarrolla una tensión compensatoria , aumentando en tres veces la resistencia .

Por medio de los nuevos métodos de templado , que implican tratamientos de calor especializados , el vidrio ordinario no sólo se puede hacer mecánicamente más resistente sino también altamente resistente a los extremos y a cambios bruscos de temperatura .

Las características del vidrio resistente al calor son su extremadamente bajo coeficiente de expansión volumétrica lineal , suministrando resistencia al daño del calor excesivo , cambios bruscos de temperatura .

Un vidrio templado ocupa un volúmen más grande que si fuera recocido . El temple disminuye la densidad de los vidrios .

Muchas propiedades mecánicas del vidrio resultan modificadas con el temple . Las tensiones internas actúan sobre estas propiedades , más o menos según surepartición , pueden hacer al vidrio mucho más resistente a ciertos esfuerzos o al contrario , provocar roturas espontáneas .

Hay una gran diferencia entre la resistencia del vidrio a la tensión y la resistencia a la compresión , pues es común que un artículo es más fuerte por compresión radial . La resistencia promedio del vidrio a la tensión es como de 7 kg por mm cuadrado , mientras la resistencia a la compresión es mayor de 100 kg por mm cuadrado .

Teóricamente todas las fracturas en el vidrio se originan en la porción más débil , esto es , en las capas de tensión . La tensión puede lograrse en las superficies exteriores , primero en el recocido como un esfuerzo permanente y segundo durante la vida del artículo como un esfuerzo temporal durante el llenado en caliente de botellas , etc .

La resistencia al choque crece con el espesor del objeto tanto para el vidrio templado como para el recocido .

La resistencia a la flexión aumenta considerablemente con el temple . La flexión es directamente proporcional a la carga, es decir , lineal hasta la rotura.

El límite de ruptura aumenta con el temple ocho veces . Con carga lenta y golpe libre es por tanto , de cuatro a diez veces mayor que en el vidrio corriente . El comportamiento frente a la presión hidráulica del vidrio templado también es superior al del vidrio corriente . La resistencia a las variaciones bruscas de temperatura especialmente a los enfriamientos bruscos es aumentada por el temple también . El enfriamiento brusco da lugar , siempre en razón a la mala conductividad del vidrio a unas tensiones de tracción considerables en un vidrio recocido , tensiones lo bastante fuertes para ocasionar una rotura . Al enfriar bruscamente los vidrios calientes , se producen tensiones de compresión en la superficie , que actúan como una coraza y aumentan la resistencia . En el caso de un vidrio templado , estas tensiones de tracción solamente sino después de haber compensado las tensiones de compresión iniciales ; esta neutralización previa los hace mucho menos peligrosos . Las fuertes tensiones de compresión impiden la formación de grandes pedazos ; las placas se rompen en prismas pequeños con aristas inclinadas unos 90 o . Estos prismas están ordenados a lo largo de líneas que parten del punto de impacto .

procesamiento del vidrio

Los dos pasos básicos en la manufactura del vidrio son:

- 1... la disolución de la arena y de los óxidos estabilizantes a altas temperaturas para formar el vidrio fundido.
- 2... la transformación de este vidrio fluido en artículos útiles

En los primeros pasos, la arena y otros constituyentes deben almacenarse en cantidades que permitan la continuidad de operación; deben pesarse con precisión en proporciones correctas para formar vidrio de la composición deseada. Para una exacta determinación de las proporciones de cada constituyente requerido para un tipo específico de composición de vidrio, los diferentes materiales en bruto deben analizarse químicamente. Cambios de proporciones deben seguir un cambio en la composición de los materiales en bruto. Después se mezclan a fondo. La exactitud en el pesado de las proporciones de varios constituyentes es importante, así como la mezcla a fondo de los ingredientes y las precauciones tomadas para prevenir la segregación después de la mezcla. El objeto de el fundido del vidrio es el convertir a los materiales en bruto en un líquido homogéneo, calentar los ingredientes mezclados para llevar a cabo los cambios químicos por medio de los cuales los ingredientes se unen para formar el vidrio, por lo que se calientan a alta temperatura, hasta que se completan las reacciones químicas que forman el dióxido de carbono, agua y otros gases.

-obtención de la composición y alimentación del horno . .

La obtención de la composición va precedida de un preparado mecánico de las materias primas: molido, tamizado y secado de las mismas. Las fábricas de vidrio suelen recibir de sus proveedores las primeras materias primas en condiciones para su empleo inmediato. A esta preparación sigue la mezcla de las materias primas en aparatos mezcladores de arlesas, platos y cilindros rotativos. Favorece el éxito del mezclado el hecho de que la arena contenga cerca del 5 % de humedad.

El conglomero de la mezcla presenta ciertas ventajas económicas y técnicas: conserva la homogeneidad de la mezcla, evita el desprendimiento de polvo y la pérdida consiguiente, facilita la alimentación, protege el material refractario, y aumenta la capacidad de la fusión.

El transporte de la mezcla hasta el horno de fusión se realiza mediante instalaciones que evitan la separación de los componentes de la mezcla. Se suelen emplear cintas transportadoras de acero o de goma, o pequeñas vagonetas móviles, por ejemplo, un carril de transportadores suspendidos.

La carga del horno con la composición se efectúa llenando los crisoles a mano mediante una cuchara o aparatos basculantes. Este procedimiento tiene sus ventajas en los hornos de cubeta, ya que permite mantener una buena cantidad de mezclado alejado del ataque de los fuegos de fusión; pero tiene el inconveniente de producir polvo e interrumpir el proceso de la fusión a cada nueva carga. Son buenas las instalaciones que permiten introducir la mezcla bastante hacia adentro. Un procedimiento para introducir la mezcla por debajo de la superficie del vidrio fundido es una hélice que comprime la mezcla contra la masa.

El proceso de la fusión del vidrio se desarrolla en dos partes que se siguen inmediatamente la una a la otra: la fusión propiamente dicha y el afino. La primera consiste en la fusión de la mezcla hasta la completa disolución de las materias primas que la componen. En el afino, o en el proceso de clarificación, la masa líquida fundida experimenta una homogeneización progresiva desprendiendo las burbujas gaseosas que han sido introducidas con las materias primas hasta que la masa queda completamente clara; a la clarificación sigue el periodo de reposo a temperatura que disminuye. Durante el auténtico proceso de fusión hay un vivo desprendimiento gaseoso producido por la descomposición química de algunos de los componentes de la mezcla, como carbonatos y sulfatos. Esta formación de burbujas gaseosas tiene importancia para el afino, y al mismo tiempo es también importante que puedan desprenderse de la masa fundida, pues de lo contrario el vidrio saldrá con la falta grave que representa el conservar burbujas ocultas. Debe evitarse que el gas combustible o el vapor puedan entrar en la mezcla que se está fundiendo. El desprendimiento de las burbujas es dificultado por la viscosidad cuando es excesiva, y en este caso las burbujas abandonan la masa fundida sólo muy lentamente, y siempre de un modo incompleto. Es preciso que todas las burbujas se hayan desprendido dentro de la zona de clarificación.

Además de la clarificación es necesario hacer homogénea la mezcla fundida. No deben quedar en ella partículas disueltas incompletamente, ya sean procedentes de los componentes de la mezcla, ya sean de las paredes de la cubeta, si así ocurre, el vidrio contiene piedras, lo que disminuye su calidad. Una mala igualdad de la masa fundida da lugar a irregularidades muy diversas. Durante el afino debe producirse automáticamente una completa decoloración del vidrio hasta obtenerse blanca del todo. La presencia de una cantidad excesiva de sulfato combinándose con un contenido demasiado grande en O₂ de la atmósfera del horno, mantiene o forma un contenido en Na₂ SO₄ demasiado elevado con formación de la hiel, que es una escoria que flota encima de la masa en fusión y que contiene el Na₂ SO₄ fundido y no absorbido. La hiel del vidrio debe ser quemada mediante

una adición de carbón en forma de madera, carbón vegetal o polvo de carbón; o mejor trabajado con una atmósfera reductora en el horno, porque el quemar la hiel consiste en reducir el Na_2SO_4 . La presencia de una poca cantidad de hiel es señal de que tanto la fusión como la calefacción están bien conducidas. Empleando una calefacción reductora, la mayor parte de SO_3 se desprende directamente de la superficie de la masa fundida sin formación de burbujas, de modo que prácticamente hace inútil la clarificación.

No sólo los sulfatos y los cloruros los componentes de la mezcla que dan lugar a la formación de hiel; también se forma ésta al fundir materias fluoradas para producir vidrios opalescentes. Los carbonatos separan CO_2 a consecuencia de una descomposición puramente térmica. Los halogenuros (cloruros, fluoruros) también pueden desprender gases. En el proceso de la formación de burbujas, cuando el peso de un volumen de vidrio fundido se eleva durante el afino, es más fácil la separación de las burbujas, pero su alta viscosidad y su tensión superficial la dificulta. Si el volumen es muy grande, el vidrio a elevadas temperaturas puede admitir pequeñas cantidades de gases, y por pequeñas que sean estas cantidades pueden formar numerosas burbujas. Cuando la cantidad de SiO_2 es elevada, en un mismo tiempo y a una misma temperatura, queda en libertad más SO_2 ; posiblemente este fenómeno debe atribuirse al carácter fuertemente ácido del SO_2 , combinando la temperatura elevada en este caso.

-afino..

El proceso del afino está ligado al desprendimiento de las burbujas; desprendimiento que tiene lugar cuando la temperatura ha alcanzado su máximo, que es cuando las reacciones que ponen en libertad a los gases se desarrollan con gran rapidez y cuando la masa fundida tiene su viscosidad más baja, o sea en las condiciones más favorables para la eliminación de los gases.

Cuando se adiciona vidrio molido, tiene que ser en forma de grano muy fino, y la cantidad adicionada nunca debe exceder del 40 %; de lo contrario, tanto la fusión como el afino tropezarán con dificultades. En este caso la cantidad de clarificante debe calcularse teniendo en cuenta la porción de vidrio molido añadido.

El KNO_3 y el NaNO_3 no son buenos clarificantes porque se descomponen a temperaturas relativamente bajas. El $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ se puede emplear porque sólo se descompone a temperatura alta. Si As_2O_3 y Sb_2O_3 se usan solos, no rinden tan buen resultado como si se emplean mezclados con nitrato de potasio. Para el vidrio ordinario se emplean 3 Kg de nitrato mezclado con 0.2-0.5 kg As_2O_3 o Sb_2O_3 ; para vidrios de plomo se emplea el doble de esta cantidad por 100 kg de arena.

El cloruro sódico empleado en pequeñas cantidades (1-3 kg) acelera la fusión y además es un buen clarificante, en particular para vidrios borosilicatos y para vidrios de color.

-fundición..

La subida de temperatura en la mezcla que se va a fundir es muy lenta, porque el aire en ella incluido actúa de aislante. La acumulación de calor es muy grande y el interior de la masa permanece durante largo tiempo frío. La fundición es de la siguiente forma: el carbonato sódico soluble en agua atrae toda la introducida con la arena, de manera que los granos de arena se rodean de una capa de solución de carbonato sódico. Una gran parte del carbonato se funde en seguida, de forma que seguramente las fracciones más finas de arena desaparecen con rapidez. La inmiscibilidad es tanto menor cuanto más pequeño es el tamaño del grano. El orden de la introducción de las partes de la mezcla y de los cascos de vidrio influye sobre el afinado y la formación de nodulitos. A menudo se pueden evitar estos defectos simplemente alternando el orden de la introducción. La separación de SO_3 es más rápida debido al aumento de la superficie de reacción. Mientras el CO_2 se expulsa en gran proporción, aproximadamente el 1 % de sulfato permanece en el vidrio. Se ve que la temperatura de fusión, para que desaparezcan los constituyentes de la mezcla en el espacio de una hora depende del contenido en SiO_2 . A 1200 °C los vidrios básicos ya no contienen los constituyentes de la mezcla, mientras que los vidrios ácidos necesitan una temperatura de 1400 °C.

La velocidad de fusión del vidrio cálcico-sódico se duplica por cada 50 °C de aumento de temperatura. La velocidad a una determinada temperatura es proporcional a la superficie de los granos de arena y, por consiguiente, también al tamaño del grano. Las reacciones vivas del proceso de fusión exigen alrededor del 10 % del tiempo total de fusión. El resto es necesario para la disolución de cuarzo. El cristal de cuarzo rápidamente enfriado y triturado en esquirlas, se disuelve algo más lentamente que la arena para fundir vidrio.

La sustitución de carbonato por bórax da lugar a fusiones y afinados más rápidos. Cuando las mezclas contienen dos álcalis en lugar de uno, funden más rápidamente. Los vidrios cálcico-potásicos necesitan para su fusión y afinado 1500 °C.

El SiO_2 aumenta la formación de espuma, y si se pone una cantidad de Al_2O_3 que exceda del 2-3 % se tiene un efecto retardador. La sustitución de SiO_2 por CaO actúa poco sobre la fusión y el afinado. La sustitución de CaO por MgO acorta el tiempo de afinado, aumenta la formación de espuma y disminuye la viscosidad a bajas temperaturas. Las adiciones de Na_2O actúan siempre favorablemente. El flúor acorta el tiempo de afinado,

aumenta la espuma y reduce la viscosidad. Los sulfatos mejoran el afinado. El BaO reduce el tiempo de afinado a temperaturas inferiores a 1450 °C.

En masas fundidas en crisol se produce una fuerte disminución de la dispersión de la densidad entre 1232° y 1288°, una pequeña disminución hasta 1325° y una ligera elevación por encima de los 1325°. A 1454° la homogeneidad de la mitad inferior fue mejor que la de la mitad superior. La pérdida de peso del vidrio por evaporación era menor del 0.01 %, a cualquier temperatura, durante 4 horas de fusión.

Dado que la mezcla vítrea en fusión no es homogénea la viscosidad es decisiva para la formación del vidrio.

-- hornos

La fusión se realiza a temperaturas de hasta 1500 °C por medio de un proceso continuo en tanques hechos de bloques refractarios y calentado arriba de las flamas de combustible ardiente. Esto le da cierta analogía con los procedimientos siderúrgicos, en los cuales tiene su origen. La obtención y realización de la fusión del vidrio, así como los aparatos e instalaciones precisas, constituyen los elementos fundamentales de esta industria. La preparación y la fusión de la masa del vidrio se realiza en hornos de dos tipos distintos: los hornos de cubeta y los de crisoles. Los crisoles y los tanques de día (porque proporcionan la demanda de un día) se usan para pequeñas cantidades de vidrio (de 1 a 10 t), usualmente de composición y propiedades especiales.

En los hornos de crisoles, dentro de un mismo horno se colocan varios crisoles refractarios móviles, hasta 20. Este tipo de horno tiene la ventaja de poder fabricar simultáneamente varias clases de vidrio, pero su capacidad de producción es inferior a la de los hornos de cubeta. Se les utiliza casi siempre para la fabricación de cristal. Su trabajo es por cargas.

Los hornos de crisoles se construyen con calefacción inferior y con calefacción superior. En los primeros, después de haber calentado el aire y el gas en los acumuladores de calor las flamas pasan por un orificio o por varias hendiduras dispuestas sobre el piso del horno, a la cámara de crisoles saliendo por otros orificios o hendiduras situadas en el lado opuesto al de entrada. En los hornos de calefacción superior los quemadores se encuentran situados en los dos extremos del horno y llegan a la cámara de crisoles por encima de éstos para salir por el extremo opuesto del horno. Los crisoles tienen un espesor de paredes de 5 a 14 cm y un fondo de un espesor de 8 hasta 18 cm, según el tamaño de los mismos y el objetivo de la fabricación.

Estos hornos pueden ser circulares o rectangulares. Los rectangulares contienen crisoles abiertos que contienen de una a dos toneladas de vidrio y se usan para el molde de vidrio plano grueso y para hacer composiciones especiales. En los hornos de crisoles circulares, los crisoles cubiertos que protegen al vidrio de las flamas se usan para la fundición de homadas relativamente pequeñas para composiciones especiales.

Los crisoles redondos tienen un diámetro de 50-100 cm y una altura interior de 5 a 80 cm; los crisoles ovalados tienen un diámetro mayor de 100-170 cm y un diámetro menor de 80-100 cm.

De su volumen total sólo se emplea el 30-70 %, por lo tanto el contenido de los crisoles es de 0.2 a 0.8 t de vidrio.

Los crisoles están hechos de arcilla seleccionada o de platino.

Las temperaturas de los diferentes crisoles en tal horno pueden controlarse individualmente dentro de un rango limitado. Después de que se llena un crisol debe mantenerse bajo fundición por un día o más, dependiendo de la composición particular. Después se deja al crisol que se enfríe poco a poco y el vidrio puede entonces trabajarse fuera del crisol. Sólo una fracción de la cantidad total del material de la homada se convertirá en artículos fabricados por la pérdida de material asociada con la fundición y el formado.

En los hornos de cubeta, todo el horno forma el espacio destinado a la fusión. Este tipo se utiliza casi siempre para trabajo continuo de cubeta permanente, o puede usarse para trabajar de un modo discontinuo < cubeta de día >, empleándose siempre que haya que producir grandes cantidades de vidrio de la misma clase. Los de día alcanzan tallas de unas cuantas toneladas de capacidad, mientras los tanques continuos tienen capacidades desde menos de una tonelada a 1500 toneladas, con un rendimiento de más de varios cientos de toneladas de vidrio por día.

Este tipo de horno tiene dispuestos a ambos lados de su eje longitudinal de 3 a 5 quemadores por lado. El fuego pasa transversalmente por encima de la cubeta; en los hogares de llama larga el fuego entra lateralmente, se despliega en forma de herradura por encima de la cubeta de vidrio para salir por el mismo lado por el que ha entrado.

Las cubetas presentan formas especiales. Para la obtención de vidrio plano por el método de Fourcaut, la cubeta de trabajo para el vidrio hueco y para botellas tienen forma semicircular. Si se usa el sistema del cucharón, la cubeta de trabajo es muy corta o se dispone de un alvéolo situado adelante de la cubeta. La anchura de las cubetas de vidrio es de 3 hasta 8 m y su longitud llega hasta los 50 m con una superficie desde 300 hasta 400 m cuadrados. La altura del vidrio en la cubeta depende de lo que se va a fabricar con él; por lo general varía entre 60 y 100 cm.

Los tanques o cubetas continuos para la fundición del vidrio son en ángulo recto, generalmente rectangulares. Unos son sin separación entre la parte destinada a la fusión y la parte destinada a los trabajos ulteriores con la masa fundida, cubetas abiertas y otras con flotadores para separar la superficie del baño están divididos en dos

compartimientos por una pared -puente permanente o por unos ladrillos flotantes refractarios de desviación. El compartimiento más grande dentro del cual se introduce la hornada se conoce como punta de fundición, mientras que el otro compartimiento, en donde el gas es enfriado y distribuido para su uso, se conoce como la punta de trabajo o de refinado. La división de la cubeta en una parte destinada a la fusión y en otra para el trabajo se realiza con el fin de combinar la viva corriente de vidrio que se produce en la superficie de la cubeta de fusión o de trabajo, con la zona más profunda de fusión, porque de lo contrario, el vidrio de superficie llegaría mal afinado a los obradores de trabajo y este sistema permite disminuir las pérdidas de calor. La parte más baja del tanque que contiene la hornada fundida está construida de ladrillos refractarios.

Arriba de las paredes, una corona proporcional al espacio para la combustión y cubre al horno. La cámara de refinado frecuentemente tiene forma semicircular para que sea convenientemente cubierta por un domo de silicio. El fuego puede conducirse en diversas formas especiales: a lo largo, en forma de doble u, lateralmente, saliendo de las bocas de fuego en sentido contrario, etc. Según la construcción del domo y de la cámara del horno, los hornos de una cámara con bóveda corrida se distinguen de los de dos cámaras con la bóveda dividida en dos: una correspondiente a la fusión y otra que corresponde al afino. Como la cubeta de trabajo tiene una temperatura algo inferior a la de fusión, muchas veces requiere una calefacción suplementaria.

Las cubetas están construidas con bloques refractarios en seco. El refractario es de una calidad superior, ya que sus superficies deben ser bien lisas. Se diferencian del crisol que es de una sola pieza refractaria. Las fugas que pueden presentarse se van rellenando de fuera hacia adentro como consecuencia del enfriamiento del vidrio, que las tapona y acaba por cerrar por completo. Las piezas refractarias van colocadas sobre un emparrillado muy fuerte y por la acción del aire son refrigeradas constantemente por su parte inferior. Estos tanques son ordinariamente de una mayor capacidad que los crisoles y pueden calentarse a mayores temperaturas, lo que permite la fundición de las composiciones no adaptadas particularmente al crisol de fundición.

El rendimiento térmico del horno depende mucho del sistema empleado para la transmisión del calor; esta transmisión se realiza sobre todo por radiación de la bóveda y por las llamas sobre la superficie de la masa que funde; la conducción posterior del calor a toda la masa fundida es por conducción, radiación y convección. La transmisión del calor al interior de la masa fundida es mucho menor y en gran medida depende del color y de la calidad de la masa fundida. El calor contenido en los gases de calefacción sólo puede ser aprovechado por la masa fundida hasta la temperatura del baño de vidrio. La cantidad muy considerable de calor que queda en los gases de escape debe utilizarse exclusivamente para calentar el aire y el gas nuevos, con el fin de conseguir un rendimiento térmico lo más elevado posible.

La hornada se introduce cerca del la parte trasera de la punta de fundición. Esto se hace mecánicamente por medio de un tornillo o por una barra de empuje. En la punta de fundición del tanque se calienta la hornada hasta que los fundentes derriatan y disuelvan la sal y otros ingredientes refractarios. El dióxido de carbono y el agua, así como el aire atrapado en los intersticios de la hornada producen muchas burbujas para que cuando se funde, el vidrio sea una masa esponjosa. La eliminación de la mayoría de estas burbujas toma lugar a la alta temperatura al final de la fundición. Finalmente el vidrio pasa a través de un hoyo en la pared-puente o debajo de los flotadores en tanques no provistos con una pared -puente. Esto sirve para quitar la espuma en la superficie del vidrio fundido, el cual es entonces enfriado y distribuido por la punta de trabajo del compartimiento. Las corrientes de convección, las cuales nacen en el vidrio a través del calentamiento de las llamas y enfriándose por las paredes de los lados y la hornada caliente ayuda a hacer la mezcla homogénea por medio de acción de agitación y pueden ser de ayuda en la operación del tanque en prevenir que el vidrio parcialmente fundido pase al compartimiento de trabajo. La disolución de los bloques refractarios en el vidrio fundido introduce problemas de vidrio inhomogéneo, burbujas y piedras.

El gas natural es el combustible económico aunque el uso de la energía eléctrica en la fundición se está incrementando, particularmente para suprir medios convencionales de calentado.

La facilidad de aplicación y de control tiende a opacar el alto costo por unidad de calor. Ambos los hornos de crisol y los tanques continuos están provistos con regeneradores que economizan combustible por medio de recobrar calor del gas de la chimenea antes de pasar al cañón de la misma. Se ahorra mucho calor mediante este principio regenerativo, y se alcanza una temperatura mayor. Las cámaras, que operan en pares, están llenas con cuadros refractarios.

El ladrillo a cuadros alcanza temperaturas que llegan a 1500 ° C cerca del horno, y a unos 650 ° C del lado de la salida. Los gases inflamados van hacia abajo a través de el conjunto de cámaras apliadas. Mientras que una cámara de un par es calentada por el paso de los productos calientes de combustión de el horno, la otra cámara está precalentando aire de combustión, lo que resulta una llama con una temperatura superior a la que se habría obtenido si el aire no se hubiera precalentado. A intervalos de 20 o 30 minutos, el flujo de la mezcla aire-combustible o el ciclo, se invierte, y entra al horno desde el lado opuesto a través del cuadrículado previamente calentado pasando a través del cuadrículado original ahora ya considerablemente enfriado. Los ingredientes

mezclados o la frita se alimentan en una punta del tanque y el vidrio fundido se remueve en la salida.

La calidad del vidrio y la vida del tanque dependen de la calidad de los bloques de construcción. Por esta razón se ha dado mucha atención a los refractarios para hornos. Durante el proceso de fundición, sosa, óxido de boro y óxido de plomo se evaporan en cierta cantidad, por lo que deben compensarse si se quieren mantener las propiedades físicas de la fórmula de la hornada. Las temperaturas que deben obtenerse en la superficie del vidrio en el tanque durante la fundición son:

sosa-cal	1500 ° C
silicato de plomo	1450
borosilicato de	
baja expansión	1600
aluminosilicato	1600

Después de que se ha obtenido la solución de la arena y ya que se han eliminado las burbujas, se enfría el vidrio para obtener la viscosidad adecuada para fabricarse. En los tanques continuos el vidrio es enfriado primeramente en la cámara de refinado, la cual se mantiene a una temperatura de 100 a 200 o C menos que en el compartimiento de fundición, es decir, después de la homogeneización y clarificación de la masa fundida y de su enfriamiento en unas zonas determinadas de temperatura, comienza otra sección industrial del trabajo del vidrio, que consiste en dar forma a la masa mientras pasa por una fase muy viscosa de la solidificación. El proceso de la fusión o en su caso, de la solidificación, pasa por tres estados caracterizados por dos zonas bien definidas: la zona de agregación y la de transformación, subdivididas a su vez en las siguientes: el estado líquido de la masa fundida a temperaturas elevadas <por encima de 800 o C >; el estado viscoso del moldeo, y el estado sólido o quebradizo después del enfriamiento completo. En el estado de agregación los elementos fundamentales del vidrio comienzan a entrelazarse y a coordinarse formando una especie de red, en el estado de transformación se forma la red de los agregados, la inclusión de los iones etc. llegando prácticamente al estado de reposo.

En las operaciones mecánicas el vidrio fluye de la cámara de trabajo al equipo de formado en canales refractarios. Aquí el enfriado final toma lugar, y la temperatura se hace tan uniformemente posible para que el vidrio tenga una viscosidad uniforme en la operación de formado.

La composición química de los vidrios se establece como medio para obtener ciertas propiedades deseadas. A pesar del cuidado en procurar los materiales y en el peso de la hornada, se verán diferencias en el vidrio después de que salga de la unidad de fundición, a menos que se hagan las mediciones adecuadas para mantener el control durante la operación de fundido. Los materiales en bruto están sujetos a pequeños cambios en la composición química, los cuales no pueden ser eliminados. Se hacen ajustes en las proporciones de los materiales que van a la hornada para controlar las propiedades físicas dentro de límites muy cerrados.

Las fluctuaciones en las propiedades causan dificultades en las operaciones de formado, particularmente cuando son mecanizadas, porque deben hacerse los ajustes correspondientes en el equipo. Esto también se aplica a operaciones secundarias de fabricación, las cuales deben llevarse a cabo meses después de que el vidrio se funda. Un control del coeficiente de expansión es esencial en el caso de vidrios que se usan en operaciones de sellado, en las que se involucran otros vidrios u otros metales. El control de otras propiedades es esencial para cumplir con los requerimientos de servicio de ciertas aplicaciones:

punto de ablandamiento, densidad, coeficiente de expansión, índice de refracción, resistividad eléctrica, análisis de la composición. Con el establecimiento de estos controles se asegura que las propiedades del vidrio y su comportamiento bajo ciertas condiciones se reproducirán en especímenes tomados de períodos de fundición diferentes.

--decoloración del vidrio

El vidrio tiene un color indeseable producido por la presencia de pequeñas cantidades de óxido de hierro en la composición. El fin de la decoloración es la eliminación de este color.

Hay dos clases de decoloración:

> **decoloración química**.. se logra en la vida del vidrio fresco FeO- que se va a color azulado, convirtiéndolo en el óxido férreo Fe₂O₃ que tiene un color débilmente amarillo. Como oxidantes se emplean: nitrato sódico, bióxido de manganeso, arsénico, óxido de cerio, óxido de antimonio y la acción oxidante del fuego.

> **decoloración física**.. neutraliza la coloración debida al hierro con otros colores complementarios. Se emplean Mn₂O₃, NiO, Co O y selenio. El vidrio decolorado físicamente siempre es un poco obscuro, pero incoloro.

La condición más segura para obtener un vidrio sin color es que las primeras materias empleadas no contengan hierro. La acción del bióxido de manganeso es doble: el FeO azul se convierte en Fe₂O₃ amarillo y el exceso de manganeso se transforma en un compuesto maganito de color rojo azulado, que compensa el resto que puede

quedar del color del hierro.

Los cloruros y los fluoruros también poseen una acción decolorante que se atribuye a la volatilidad del cloruro de hierro, y en el caso de los fluoruros, a la formación de combinaciones complejas.

Los vidrios decolorados con selenio exigen ciertos cuidados durante la fabricación, pues puede volver a aparecer el color durante el temple o el enfriamiento. Esto sucede cuando la cantidad presente de hierro es grande y puede evitarse procurando que el vidrio contenga poco hierro y que durante la fusión y el trabajado, particularmente en el horno de enfriamiento, la atmósfera reinante sea débilmente oxidante o neutra. Se ha ensayado la decoloración por medio de las tierras raras. Se han probado el óxido de cerio, que actúa químicamente por desprenderse de su oxígeno que decolora y el óxido de neodimio que decolora ópticamente gracias a su color violeta. Se usan preparados de cerio que contienen los dos óxidos y también otros óxidos de tierras raras en proporciones variables. Con los preparados de cerio casi nunca se consigue una decoloración completa, y por lo general hay que adicionar pirokusa o selenio. A veces conviene añadir pequeñas cantidades de arsénico para acabar la decoloración. A pesar de lo dicho, lo cierto es que con preparados de cerio se obtienen magníficos vidrios incolores. Una decoloración adicional de los vidrios se consigue por la acción de radiaciones luminosas artificiales y por la luz del día, lo que puede ser debido a un gran contenido de arsénico.

--enfriamiento del vidrio..

esfuerzos térmicos

Los artículos de vidrio son frecuentemente sujetos a cambios bruscos de calentamiento o enfriamiento. Esto produce gradientes de temperatura en el material. En consecuencia se producen esfuerzos como resultado de las diferentes partes del vidrio que se expanden o contraen en diferentes cantidades. Es importante el ser capaz de calcular estos esfuerzos, o por lo menos el entender los factores que determinan su magnitud. Los esfuerzos térmicos pueden ser tan altos que fracturen al vidrio, esto sucede más fácilmente si los gradientes de temperatura producen esfuerzos de tensión en la superficie del vidrio. Así un choque de temperatura en la superficie de 100 ° C produciría un esfuerzo de tensión de 70 MNm⁻² en la superficie. Esto podría ser suficiente para causar una fractura.

Un repentino incremento en la temperatura de la superficie de un vidrio no sería peligroso, siendo uniforme sobre toda la superficie de la hoja ya que los esfuerzos producidos en la superficie serían de compresión. No ocurren cambios instantáneos de temperatura en la superficie en la práctica, aún cuando un artículo de vidrio sea sumergido repentinamente en agua helada. Una capa térmica de barrera se produce en el fluido en contacto con la superficie caliente y esto establece un límite a la tasa a la que el calor puede ser extraído del vidrio.

Para aliviar todo tipo de esfuerzos producidos en el vidrio se realiza el recocido.

- recocido. .

Para recocer un vidrio: Primero se lleva al vidrio a una temperatura uniforme desde el principio, siendo la temperatura tal que los esfuerzos en el vidrio, los cuales para ese entonces ya debían estar presentes, pueden removerse total y rápidamente (en unos minutos). Lleva algún tiempo para que todo el artículo alcance una temperatura. Esto depende de la tasa de transferencia de calor del aire circundante en el horno de recocido a la superficie del vidrio y también de la tasa de eliminación por conducción de los gradientes de temperatura en el vidrio.

Conociendo la difusión térmica de el vidrio y el coeficiente de transferencia de calor para una convección natural en la superficie del vidrio, es posible determinar el tiempo necesario para llevar al vidrio a una temperatura substancialmente uniforme. Un tiempo del orden de 30 min. se requiere para un vidrio de 10 mm de espesor.

El tiempo que se lleva a los esfuerzos a declinar por la fluidez viscosa a un nivel aceptable, con una viscosidad de 10 a 13 poises, un tiempo de 1000 s debe ser suficiente. Este tiempo puede reducirse por medio de usar una temperatura más alta, pero a cambio de esto se incrementa el riesgo de la deformación del vidrio bajo su propio peso.

Arriba de la temperatura de recocido, no se producirán esfuerzos por la distribución de temperatura. Cualquier esfuerzo será aliviado por la fluidez viscosa. Como el enfriamiento empieza cuando la viscosidad del vidrio ya está muy alta, podemos esperar que los esfuerzos producidos por los gradientes de temperatura no sean completamente aliviados, y en dado caso pequeños esfuerzos de tensión se producirán en las capas de la superficie balanceados por esfuerzos de compresión en las capas centrales. Conforme el vidrio se enfría, su viscosidad irá creciendo hasta que finalmente la viscosidad a todo lo ancho del grosor sea tan alta que el material sea efectivamente sólido. Esto puede ser tomado como tal cuando la viscosidad es mayor de 10 a 13.5 pa.s, cuando el tiempo de relajación de esfuerzos es del orden de 10 a 4 segundos. Conforme la hoja continúa enfriándose, no se producirán futuros esfuerzos con tal de que cada punto dentro del vidrio continúe enfriándose a la misma tasa. Sólo se producirán esfuerzos adicionales cuando partimos de esta situación y si tenemos

diferentes tazas de enfriamiento en diferentes puntos de la hoja. Esto resultará en diferencias en las tazas a las que varias capas en el vidrio estén tratando de contraerse. Así la mayor parte de el sistema de esfuerzos se desarrolla conforme se alcanza la temperatura ambiente y conforme el vidrio es llevado a una temperatura uniforme. En esta etapa, la taza de enfriamiento de las capas de la superficie es reducida relativamente a esa a la del centro. Si se estuviera tratando con una situación en la cual no se hubieran producido esfuerzos en las etapas iniciales de enfriamiento, <en la etapa de recocido>, los esfuerzos que se desarrollarían a temperatura ambiente serían los resultantes de la remoción de la distribución de temperatura.

Los esfuerzos dependen en parte de las propiedades físicas de el vidrio y en parte de su espesor. La propiedad que tiene el mayor efecto en la tasa permisible de enfriamiento es el coeficiente de expansión, el cual varía considerablemente con la composición dentro del rango de los vidrios comerciales. Así entre más grande sea el espesor y entre más grande sea el coeficiente de expansión térmico, más lenta será la taza de enfriamiento.

Cuando el vidrio ya está debajo del punto de fatiga, la taza de enfriamiento se incrementa considerablemente. Esto puede hacerse sin afectar el nivel de esfuerzos permanentes en el vidrio después de que el enfriamiento se ha completado. Se está tratando con un sólido elástico, cualquier esfuerzo producido por los gradientes de temperatura desaparecen cuando esos gradientes térmicos se remueven. Los esfuerzos permanentes se determinan sólo por la tasa de enfriamiento a través de el rango de recocido. Cuando el total del espesor del vidrio está debajo del punto de fatiga, la tasa de enfriamiento debe incrementarse para completar el proceso en el tiempo más corto posible. La tasa máxima de enfriamiento se determina por el requerimiento de que los esfuerzos temporales producidos en esta etapa no son tan altos como para que se fracture el vidrio. Como los artículos de vidrio tienen una forma irregular, las tasas de enfriamiento recomendadas son considerablemente más bajas que las que podrían calcularse.

El enfriamiento del vidrio recocido reparte uniformemente la tensión en el cuerpo de vidrio obtenido. Conduciendo el enfriamiento de un modo regular, los vidrios llegan a enfriarse hasta tener una completa libertad de tensiones, o las tensiones interiores se reparten de manera tan uniforme que desaparece el peligro de que se rompa el vidrio. Las tensiones aparecen debido a que el enfriamiento de las capas internas se retarda en relación con las externas, esto debido a la escasa conductividad térmica del vidrio. Sólo por encima de los límites determinados de expansión térmica, dentro de un intervalo de temperatura bien determinado, que varía entre 350 y 550 ° C, es posible la distensión, porque a estas temperaturas el vidrio tiene un movimiento que permite la compensación de las tensiones.

Hay posibles distintos procesos de enfriamiento:

El vidrio se calienta durante unos 45 minutos al límite superior, y después se enfría 1-2 ° C por min. en el límite inferior (vidrio hueco) y 5-10 ° C por min. (vidrio plano). En conjunto, el proceso del enfriamiento viene a durar unas tres horas. En el procedimiento mecánico para la fabricación de vidrios planos, el enfriamiento y la expansión térmica tienen lugar en la parte inferior de la máquina en unos 200 ° C por min y en la superior a 50 ° C por min.

Para el recocido del vidrio se usan cámaras, hornos de enfriamiento que trabajan periódicamente y hornos canales de enfriamiento que lo hacen de un modo continuo. Estos últimos, más modernos, son fácilmente regulables. El vidrio que se va a enfriar entra en los canales sobre vagonetas, cintas de transporte, o bien corre sobre rodillos.

En el proceso de recocido, cuando el vidrio se ha vuelto substancialmente rígido, el vidrio puede ser enfriado tan rápidamente como se desee siempre que el esfuerzo temporal durante el enfriamiento no provoque rompimiento.

La taza de enfriamiento depende del espesor de los artículos y de la cantidad de esfuerzos permisibles en los artículos terminados. Esto es, los artículos delgados soplados, en donde no hay fondos pesados, puede enfriarse más rápidamente que los artículos pesados o piezas que tengan partes gruesas y delgadas.

El recocido de artículos hechos a mano debe llevarse a cabo en hornos de cochura, pero casi todos los artículos son recocidos en largos hornos continuos provistos con una banda en movimiento. Estos hornos de recocido son llamados 'lehrs'. El lehr además de recocer al vidrio, sirve como un transportador entre la manufactura y el cuarto de distribución, y así proporcionando un espacio para almacenamiento de los artículos mientras están lo suficientemente fríos para ser manejados. Por ello el largo de estos lehrs es mayor del absolutamente necesario si el recocido del vidrio fuera la única función realizada. Usualmente son calentados con gas, aunque también se puede usar aceite. Se tiene gran cuidado de que la temperatura en la zona más caliente sea uniforme y la tasa de enfriamiento en la región crítica de la zona caliente a donde se lleva al vidrio debajo de su temperatura de punto de esfuerzo, esté bajo control. El tamaño y arreglo de los hornos de recocido depende del carácter de los artículos que están siendo recocidos. Los artículos llegan al lehr en varias etapas en cuanto a la temperatura, peso y espesor. Los artículos de paredes gruesas requieren tasas de recocido menores que los artículos más chicos de paredes más delgadas.

Los lehrs de muña modernos están diseñados de tal forma, que permiten una graduación de temperaturas en la misma caja de fuego. Esto es, se puede mantener una temperatura más alta en el frente, en donde entran los artículos y una temperatura más baja hacia el final. La temperatura del recocido varía ampliamente para vidrios de diferentes composiciones, cayendo entre 500 y 600 ° C para la mayoría de los vidrios comerciales. Esto no

incluye a los vidrios de plomo, los que generalmente tienen una temperatura de recocido menor a 500 ° C. Como una regla, la atmósfera del lehr es de 23 a 47 ° C más caliente que la corona que está cerca de las charolas. Un pirómetro que lea 471 ° C querrá decir escasamente 424 ° C al nivel de las charolas.

Los primeros seis metros o menos del lehr promedio forma una zona en donde se lleve a cabo el recocido. Después de pasar esto, y después de enfriarse como 47 ° C del mayor punto alcanzado, los artículos pueden removerse y enfriarse rápidamente en el aire, sin que se desarrollen más esfuerzos que lo que hubiera sido en el caso en que hubiera realizado todo el viaje, todo el largo de el lehr. La porción sobrante del lehr es esencialmente un transportador, que carga los artículos y los cuida hasta que estén lo suficientemente fríos para ser manejados. Algunos lehrs están tan sólidamente contruidos, y por lo tanto tan bien aislados en contra la pérdida del calor, como para manipularse cómodamente. En tal caso, se puede remover el techo del horno de tres a seis metros en la parte de atrás, permitiendo un mejor enfriamiento, sin amminorar la eficacia del mismo.

Un artículo de vidrio puede requerir sólo dos o tres minutos en su temperatura de recocido para que todos los esfuerzos sean aliviados, pero la distribución inicial de temperatura en los artículos en el momento de manufactura pueden ser tales que quince minutos no sean suficientes para establecer una uniformidad en la temperatura. Para todos los artículos comerciales en donde el espesor máximo no excede 10 mm, este parece un período satisfactorio. Siguiendo esto, se puede comenzar con el tratamiento propiamente dicho. Una temperatura inicial de enfriamiento de 1 ° C por minuto es bien segura, lo que demuestra que después de ocho minutos, la temperatura habrá caldo a 8 ° C debajo de la temperatura de recocido inicial. Durante esta caída de temperatura, la viscosidad se habrá incrementado, por lo que cualquier esfuerzo existente en el vidrio requeriría de un doble período de tiempo en el cual alivarse. La rata de enfriamiento puede ser doblada con seguridad ahora y el siguiente período de caída de temperatura de 8 ° C será a razón de 2 ° c por minuto. Al final del segundo período, que es de 16 o ° C debajo de la temperatura de recocido inicial, la viscosidad es ahora de cuatro veces mayor que a esa temperatura, al final del tercer período ocho veces y al final del cuarto período, que es a 32 ° C debajo de la temperatura de recocido inicial, la viscosidad se habrá incrementado 16 veces.

Después del recocido puede ser necesario procesar al vidrio. Puede necesitar de pulido o esmerillado; pero antes de esto debe revisarse al vidrio para que no fueran a tener defectos.

- templado . .

El endurecido del vidrio se practica mucho para los casos en que no sea precisa una manipulación ulterior del vidrio frío, enfriándolos hasta su templado completo. En estos casos es suficiente que la tensión interna se reparta de un modo uniforme, por ejemplo cuando se trata de vidrio de botellas. Este procedimiento exige que el vidrio esté libre de piedras y que sea homogéneo y de paredes uniformes, pues sólo así se consigue un reparto uniforme de la tensión interna. En los demás casos lo mejor es llegar al templado completo.

En el vidrio de seguridad de una sola hoja, por un rápido y uniforme enfriamiento en corriente de aire, o de vapor, el vidrio aun quedando tenso posee todas sus tensiones internas compensadas.

El vidrio endurecido, hueco y prensado que se usa para platos, fuentes, vasos y otros objetos de uso doméstico, son irrompibles en cierto grado. Se les prueba dejándoles caer desde tres metros de altura.

-- pulido por fuego . .

El pulido por fuego es un proceso ampliamente usado pero casi no se habla de él. El propósito del mismo es el remover los bordes cortantes y marcas deformes del molde, para suavizar las marcas del desbastado, para sellar fracturas y fisuras incipientes y para incrementar el lustre de la superficie. El último objetivo implica la fusión de grandes áreas de superficie y generalmente se conoce como vidriado. Cuando están disponibles se usan para este propósito, gas de combustible y aire.

Algunas plantas pulen por inmersión de ácido o por cepillado o frotado con materiales abrasivos. Sólo el pulido por fuego reforzará los artículos por medio de sellar las pequeñas fisuras. El pulido por fuego en la forma en que se practica es probablemente el método más difícil de controlar.

Si se practica el pulido por fuego mientras los artículos están a temperaturas arriba del punto de tensión y justo antes del recocido, es posible que se evite la rotura, la cual se puede esperar a temperaturas más bajas. El pulido es realizado, cuando sea posible, justo entre las operaciones de formado caliente y el recocido y tan pronto como sea posible, después de dejar el molde.

Cuando se realicen las operaciones de cortado o grabado, es necesario el recalentar los artículos, como parte del proceso de pulido por fuego. Cuando esta operación se siga del formado inicial, los artículos son transferidos directamente del pulido por fuego al horno de recocido.

Ya que un gran número de artículos se hacen en máquinas, casi todo el pulido por fuego también se realiza en máquinas transportadoras, que en gran medida son operadas automáticamente. Muchas de estas máquinas son portátiles, por lo que pueden transportarse a donde se necesiten. Muchos de los artículos son pulidos sobre ejes rotativos y viajeros.

Los quemadores para pulido por fuego y las máquinas se encuentran en una gran variedad de diseños y operando

en todos los niveles de satisfacción.

El pulido por fuego incorpora cuatro lineamientos significativos. El primero requiere la selección del equipo quemador, el cual se distingue entre el calentamiento de los artículos y la fusión de los bordes o superficies. El uso de la energía radiante en otras operaciones de calentamiento de vidrio han mostrado claramente que los vidrios que admiten la energía radiante y esto incluye las fórmulas más comúnmente usadas, son por este medio calentadas, interna y externamente al mismo tiempo.

En el pulido por fuego las proporciones excesivas del calor radiante puede y en general suaviza los cuerpos de los artículos y provocan una pérdida de forma ante de que las superficies estén adecuadamente fusionadas.

El segundo lineamiento requiere que los quemadores permitan el control separado e independiente sobre la retención de la flama y la calidad de la misma. El tercer lineamiento implica el control sobre la geometría de la flama. El cuarto implica una operación constante y uniforme. Esto requiere equipo que sea capaz de mantener radios aire-gas constantes y ajustables y presiones de mezcla invariables en los quemadores.

[artículos prensados

En ciertos artículos prensados huecos son vitrificados por arriba y entre estos están las cajas de medidores eléctricos y bloques de vidrio para construcción. Estos tienen superficies suaves, las que son satisfactoriamente aclaradas y lustradas por ráfagas de fuego de quemadores de alta energía.

Los platones para cocinar, los platos, tazas y placas de refrigerador ya sea que sean transparentes, opales o de colores son casi siempre prensados y después quemados a lo largo de sus aristas superiores, tanto para remover marcas de los moldes como para mejorar el lustre de la superficie.

En una de las instalaciones más avanzadas, la forma de los quemadores y de las flamas checan con el contorno de los artículos, ya sean rectangulares o circulares. Debajo de estos quemadores especialmente formados que queman a los artículos por la parte de adentro, éstos son puestos en índice de una estación a la siguiente. Los artículos del hogar, los cuales deben soportar choque térmico son usualmente de vidrio borosilicato y estos deben ser procesados en caliente a temperaturas más altas de lo usual.

Un productor sobresaliente de artículos fabricados manualmente vitrifica los platones y platos poco profundos en una forma única pero efectiva. Los artículos primero se calientan durante rotación bajo un techo de quemadores radiantes y luego son transferidos y rotados otra vez debajo de un techo que manda unas flamas afiladas azules para hacer la fusión de la superficie. Como método alternativo, son los techos los que caminan, en lugar de los artículos. Este equipo ha reemplazado a los hoyos convencionales en los cuales muchos artículos han estado en peligro de perder su forma por sobrecalentamiento.

[artículos formados por varillas, tubos o hojas de vidrio

En estas plantas el pulido por fuego usualmente consiste en el remover aristas cortantes, frecuentemente por la rotación de las orillas de las piezas en la flama. Esto se puede hacer usualmente con equipo simple de quemadores e implica el uso de ráfagas en punta, puntas en forma de colas de pescado o quemadores de listón. Una operación de calentamiento similar se emplea en la manufactura de termómetros de vidrio.

[pequeñas esferas de vidrio

Se usan mucho en las pinturas de reflexión. Las esferas se hacen en grandes cantidades con partículas de vidrio trituradas y pulidas por fuego. Las partículas de vidrio pasan a través de una flama lo suficientemente intensa y se solidifican antes de tocar los materiales a los que el vidrio fundido se adhiere. Un método exitoso es uno en el que el vidrio finamente triturado es introducido al flujo de aire-gas sin quemar, permitiendo un tiempo máximo de contacto con la flama.

--defectos de fabricación..

~ vidrios con piedras ~

Se llaman piedras las partículas sólidas, extrañas al vidrio. Se distinguen dos grupos. Unas proceden de la composición, o de la fusión, y son componentes empleados en grano demasiado grueso, o mal mezclados (arena), pudiendo deberse también a que la mezcla no ha sido bien realizada. A este grupo pertenecen las piedras originadas por la desvitrificación o por la hiel, además de las mencionadas antes.

El otro grupo es el de las piedras que proceden del material refractario del horno, y en primer lugar de los crisoles, o de la cubeta, las cuales son más o menos ricas en alúmina, y por esta causa se las denomina piedras de refractario; pertenecen a este grupo las que tienen su origen en la bóveda del horno, construída casi siempre en material de sílice. También se producen piedras durante el afino y el reposo.

~ heterogeneidad ~

Las dificultades en la fusión del vidrio son las causas de muchas deficiencias y defectos. En realidad, el vidrio es un compromiso. El vidrio plano, debido a su necesaria baratura, tiene que suministrarse con transparencia más pequeña que la deseable. El vidrio óptico tiene algo de color y burbujas, porque la consecución de ciertas propiedades ópticas obliga al empleo de determinadas materias primas. El vidrio de laboratorio tiene a menudo

cuerdas y superficies defectuosas, porque su elevada temperatura de fusión no permite una homogeneización suficiente.

La heterogeneidad del vidrio existe en diversas formas, las cuales pueden clasificarse ampliamente en lo que se puede llamar -heterogeneidad uniforme - en las que los esfuerzos aparecen regularmente y fuertemente, las capas están dispuestas paralelamente a la superficie y la heterogeneidad que es visible como una masa confusa de capas entremezcladas y vetas que están completamente sin orden definido.

Se han observado casos en donde una veta de vidrio heterogéneo ha formado esfuerzos de tensión severos en la superficie exterior del vidrio y así ha debilitado al artículo a choque térmico. Esto ocurre cuando las laminaciones están dispuestas en paralelo y en proximidad a la superficie exterior y cuando consisten en substancias tales como alúmina o magnesia, las que tienen un coeficiente más pequeño de expansión que el vidrio formador.

Durante los procesos de recocido la superficie exterior teniendo el mayor coeficiente de contracción, tenderá a ocupar un menor volumen comparado con la laminación interior, pero esto será prevenido por la laminación interior de la misma. La superficie exterior y el vidrio que está adyacente a la laminación interior se transforma en extensión, mientras que la laminación está en un estado de ataque. Los esfuerzos de tensión formados en esta forma en la superficie exterior del vidrio son muy peligrosos.

La heterogeneidad puede formar capas uniformemente dispuestas de esfuerzos que pueden confundirse fácilmente por esfuerzos debidos a enfriamiento indebido.

La elección inadecuada de las materias primas puede conducir a que no se produzca un desprendimiento suficiente de gases. Esto conduciría a la formación de capas. Por esto, la viscosidad no debe ser alta, lo que se consigue eligiendo convenientemente las materias primas. A veces es suficiente para esto la sustitución de algo de SiO2 por CaO. En ocasiones los granos de arena gruesos y las impurezas arcillosas son el origen de "colas". Los vidrios de plomo pobres en oxígeno pueden reducirse y por ello estriarse. También un mezclado insuficiente da origen al estriado, especialmente en los vidrios difícilmente fusibles, porque se originan aglomeraciones de constituyentes fácil y difícilmente fusibles. Los constituyentes higroscópicos de la mezcla dan lugar a la formación de grumos y cuerdas. Si el régimen de calentamiento se lleva a cabo a temperaturas demasiado altas o bajas se originan cuerdas. Cada clase de vidrio requiere su propia temperatura de fusión y su propio programa de temperatura. En los hornos de cuba un enfriamiento excesivo puede ser la causa de formación de cuerdas. La presencia accidental de cuerpos extraños como gotas de la bóveda o piedrecillas arcillosas, produce cuerdas o incluso piedras. La corrosión del material refractario tiene lugar siempre, pero en distinta cuantía, según la clase de vidrio y de refractario. La aparición repentina de cuerdas indica a veces el paso a la cristalización. Durante la elaboración las temperaturas son demasiado bajas para que se puedan resolver las cuerdas. Por esto debe agitarse previamente para evitar su formación.

En los vidrios ópticos se recurre a la agitación para obtener una mejor distribución de las cuerdas. La agitación se lleva a cabo solamente en el centro del crisol. En los vidrios que se evaporan fuertemente, como el crown de flúor resulta muy difícil la eliminación de las cuerdas.

"homogeneidad"

La inhomogeneidad define una irregularidad en la masa del vidrio que se manifiesta por deformaciones de las imágenes, dispersión de la luz y diferencias en el color. Algunas veces la irregularidad sale a la superficie y puede ser observada directamente. Casi siempre tiene formas alargadas y planas. Se debe a que la homogeneización de los componentes ha sido incompleta, siendo su origen siempre de índole química. Como el fenómeno es provocado por una realización incompleta de los procesos mecánicos de fluidez o de los procesos físico-químicos de disolución, hay que estimular durante la fabricación todas aquellas causas que tienden a evitarlo y que conducen a una rápida homogeneización del vidrio. Ya al preparar la mezcla de los componentes hay que procurar que éstos tengan una magnitud de grano uniforme; el vidrio fundido debe esgASFICARSE bien y es preciso evitar la formación de "hief" y la disolución de refractario del horno, cubeta o crisol. Durante el labrado del vidrio no tienen que producirse variaciones químicas en la superficie del mismo.

Las formas posibles de inhomogeneidad son:

--disoluciones de material refractario que no ha sido totalmente absorbido por el vidrio fundido

filamentos	nódulos gotas	vidrio granuloso
/	/	/
superficiales a veces salen de los nódulos	vitrificados, procedentes de la bóveda. nódulos con inclusiones	adherido en los bordes. alúmina no disuelta

--defectos de homogeneidad que no proceden del período de fusión, sino que aparecen en los períodos de trabajado
aguas __ forma fina superficial, de origen químico o térmico y también debida a la hiel. Contorno apreciable.
--defectos que no aparecen en los períodos de fusión sino en los del trabajado; perturbaciones químicas y térmicas que pueden ser diferenciadas en el baño de inmersión

rampas	bandas estradas
forma gruesa de protuberancias	forma estrada
espesadas con fuerte acción	de rampas, entramados
óptica, originada por faltas	etc.
térmicas, se forman muchas	
veces durante la labra.	

Algunas veces la inhomogeneidad del vidrio se provoca adrede con el fin de producir vidrio de adorno. Así se fabrica el vidrio mármoreo, vidrio con aguas, afilgranado, etc.

El control de la homogeneidad puede hacerse por ataque químico. Los vidrios planos de diferente acabado se pueden diferenciar entre sí por corrosión con una mezcla de ácidos fluorhídrico y sulfúrico diluidos. En las superficies que han permanecido sin tratar aparecen las huellas de los diferentes métodos de fabricación.

~ vidrio con burbujas ~

La inclusión de burbujas es una falta del vidrio. Sin embargo la formación de burbujas, que cuando se hallan en el vidrio acabado es un defecto, es imprescindible durante la fabricación para conseguir una buena homogeneización de la masa del vidrio.

Las burbujas se deben casi siempre a inclusiones de gases, pero también pueden obedecer a inclusiones sólidas y coloreadas, como las originadas por los sulfatos. Las burbujas se clasifican en burbujas de fusión y burbujas de trabajo.

~ burbujas de fusión

son las debidas al aire de la mezcla, al vapor de agua y a los gases resultantes de una descomposición, como anhídrido carbónico, gas sulfuroso, vapor de agua, vapores de flúor y de selenio. Se deben a un afino o clarificación insuficiente del vidrio.

~ burbujas de sales

se presentan después del enfriamiento con un contenido total o parcialmente sólido, formado por sulfato (burbujas de hiel) o cloruros, cuando estas materias clarificadoras han sido añadidas en exceso, o cuando se ha añadido poco carbón a la fusión con sulfato.

~ burbujas de hierro

se deben a partículas de hierro liberadas durante la fusión del vidrio. A este grupo pertenecen las burbujas de óxidos metálicos, que pueden encontrarse en el vidrio en ciertas condiciones.

~ burbujas de labrado

se forman durante la manipulación del vidrio fuera del horno, y casi siempre se trata de burbujas de aire oculto en el vidrio por haberse cogido mal la porción que va a trabajarse, al llenar los moldes de las máquinas o durante la colada de grandes masas de vidrio.

Un fenómeno de este grupo es la formación de bandas tenues como velos, llamadas blanco de fuego que están en el interior del vidrio y otras veces son superficiales. Están formadas por una red de finísimas burbujitas, en parte debidas al sulfato, pero que muchas veces son el resultado de una verdadera desvitrificación.

Otros defectos que se encuentran en el vidrio son:

exceso de coloración.. que puede suceder durante la composición, en la fusión, en el afino, en el reposo y en el moldeado.

desvitrificación.. sucede en el reposo, moldeado, enfriado.

defectos de moldeado.. moldeado y enfriado.

lensión, fractura, golpe.. moldeado, enfriado, embalaje, almacenaje, transporte y uso.

precipitación, descomposición.. fusión, afino, reposo, moldeado, enfriado, embalaje, almacenaje, transporte, uso.

procesamiento del vidrio y de sus productos..

Los métodos usados para la producción mecánica del vidrio en el tanque de fundición, son modificaciones de métodos más viejos de producción manual que se llevaban a cabo con vidrio fundido en calderas. La excepción es el proceso continuo de estirado el cual se desarrolló de un proceso intermitente semi mecánico.

>> laminado

Se le emplea en la producción de vidrio para ventanas y vidrio plano. Hay varias formas en las que se puede hacer una hoja de vidrio transparente: por medio del proceso de rolado, estirado y flotado.

| método del cilindro

Hasta 1930 todo el vidrio en hojas se hacía por el método del cilindro. El método del cilindro soplado a mano fue substituído por el soplado mecánico: el vidrio fundido, después de ser sacado del horno se vierte en un crisol de doble pared que se monta en la parte superior de un horno y se calienta con gas. El conducto de estirado baja por medio de la máquina a el vidrio. El vidrio no se pega a el tubo pero solidifica en la parte interna del borde. Después el tubo se tira hacia arriba y conforme va subiendo se inyecta aire en el tubo y el vidrio es soplado al diámetro requerido para el cilindro. La operación de la máquina es automática, el suministro de aire y la velocidad de estirado es ajustada para dar un cilindro de diámetro y grosor regulares. El cilindro, con una altura de 90 cm, es separado del crisol y llevado a una posición horizontal, en donde se remueve el tubo y el cilindro es cortado en largos más pequeños por medio de un alambre calentado eléctricamente. Los cilindros de menor altura se parten longitudinalmente y se aplanan. En el caso de cilindros muy anchos, se parten en dos o tres partes, conocidas como chales. El crisol del cual el cilindro es estirado es invertido, así presentando la pared de adentro en una condición lista para recibir la siguiente carga de vidrio fundido; la parte enfriada, que tiene los restos del cilindro de vidrio es puesta boca abajo sobre el horno calentado en donde se funde el vidrio y el crisol es recalentado a tiempo para el siguiente cilindro.

[vidrio estirado

El primer proceso que superó las dificultades de estirar una hoja de vidrio y mantener su ancho, fue el proceso belga de Fourcault. En este proceso el ancho de la hoja se mantiene por medio de estirarla por una ranura en un flotador de arcilla refractaria que flota en la superficie del vidrio en una cámara especial al final del tanque del horno. Las puntas de el flotador sobresalen de la ranura por lo que es posible el oprimir al flotador y llevar el nivel de la ranura abajo del nivel de la superficie del vidrio. Debido a la presión hidrostática el vidrio fundido fluye a través de la ranura y así una corriente constante de vidrio fluye a través de la ranura mientras que la hendidura se mantiene debajo del nivel del vidrio en el tanque. Esta corriente de vidrio se estira en forma de una hoja por medio de una serie de rodillos situados arriba de el flotador de arcilla refractaria. Conforme el vidrio es estirado pasa a través de una torrede recocido y se corta a los tamaños requeridos cuando sale en la punta de arriba. Se pueden operar varias máquinas en cada horno de tanque, el número de seis a diez en relación al tamaño del horno.

Para comenzar la operación de estirado el flotador de arcilla se baja y un anzuelo consistente en una hoja de vidrio alambrado, o un marco de metal que carga una hilera de clavos en la punta, son bajados y puestos dentro de la ranura. El vidrio se adhiere a el anzuelo conforme es estirado lentamente hacia arriba. Se colocan enfriadores en un lado o en otro del listón de vidrio fundido. Hay cajas de metal a través de las cuales circula agua fría y sirven para enfriar la hoja inmediatamente después de que es formada. El listón cuando todavía se mueve verticalmente y está soportado por medio de rodillos, pasa a través de una chimenea de templado de 7.5 m o de un horno de templado. Al salir de este último el vidrio se corta en hojas del tamaño deseado y se envía al clasificado y al cortado.

El espesor de la hoja estirada depende de la temperatura del vidrio y de la velocidad de estirado. Entre más rápido sea el estirado, más delgada será la hoja.

En la máquina de Fourcault, la temperatura de la cámara de estirado es más baja de la temperatura de devitrificación de una hoja de vidrio normal y en consecuencia hay una gradual acumulación de cristales de vidrio devitrificado a lo largo de los lados de la ranura. De tiempo en tiempo la máquina tiene que ser detenida y toda la cámara de estirado calentada para fundir al vidrio devitrificado. El proceso de Fourcault produce un vidrio excelente al principio del estirado pero sigue un deterioro gradual y durante la última parte del estirado la calidad es definitivamente inferior. El uso de un pequeño porcentaje de magnesia en lugar de cal ha ayudado grandemente a disminuir esto. Otra falla del proceso de Fourcault son los característicos "pautados" en la superficie, debidos al uso de la ranura de arcilla. Conforme el vidrio se devitrifica y la ranura se gasta, empiezan a aparecer y están presentes en una gran proporción del vidrio.

Otro método de vidrio estirado es el Libbey-Owens, que difiere del de Fourcault en dos características esenciales: No se usa ninguna ranura, y en ancho de la hoja se mantiene por unos pares de pequeños rodillos que engrapan

las puntas del vidrio. Estos rodillos están moleteados y se manejan a una velocidad menor a la velocidad de estirado por lo que la tensión se aplica a la punta de la hoja. Aunque la hoja se estira del baño en forma vertical, tan pronto es formada es recalentada y doblada en forma horizontal sobre un rodillo de donde pasa a el horno de recocido.

En otro proceso, el de estirado plano, la hoja se estira directamente del vidrio fundido como en el proceso Libbey-Owens; pero no se dobla horizontalmente, sino que se estira hacia arriba como en el Fourcault. El vidrio mantiene su superficie vitrea original, sin daño alguno, ya que no tiene contacto con ningún cuerpo sólido hasta que ya está bien rigido.

El proceso de estirado en plano tiene sus limitaciones y defectos. El tamaño y espesor de la hoja es limitado y hay una cierta cantidad de distorsión de visión. Para obtener una visión perfecta sin distorsiones, es esencial que las dos caras de la hoja estén completamente planas y absolutamente paralelas. Estas condiciones se obtienen sólo en el vidrio pulido, en donde la hoja es rolada y las dos caras aplanadas perfectamente, suavizadas y pulidas, y en el vidrio flotado, en donde el vidrio es flotado a través de una superficie de vidrio fundido.

En desarrollos recientes, las hojas de vidrio para usos técnicos, tales como hojas dieléctricas de capacitores y vidrios de microscopio, el proceso de estirado se ha adaptado a hojas mucho más delgadas de vidrio en tiras de listón. Las hojas dieléctricas se han estirado directamente a espesores de 0.00254 cm.

[vidrio rolado

Las materias primas se funden en un extremo de un horno largo denominado horno-tanque y el líquido fluye hacia el otro extremo durante cierto tiempo para permitir que las burbujas se eliminen. La temperatura en el extremo donde están situados los rodillos se controla de modo que el vidrio tenga la viscosidad correcta para pasar por los rodillos y formar la lámina. Luego ésta pasa a lo largo de un horno de recocido denominado lehr, donde se eliminan los esfuerzos residuales.

Para el vidrio ordinario de ventanas el material laminado es utilizable en su forma original, pero para la plancha de vidrio se necesita bastante desbastado y pulimento, aunque las superficies desbastadas y pulidas no tienen la misma brillantez que esas con un acabado de quemado natural. El acabado con fuego se lleva a cabo por medio de dejar que el vidrio se enfríe sin que tenga contacto con sólidos y mientras que es relativamente fácil el rolar el vidrio con esta superficie pulida con fuego, ha sido necesario el desarrollar algún método que mantenga al vidrio en forma horizontal para que la superficie de abajo pueda terminarse con un acabado de espejo.

[vidrio flotado

En este método el vidrio fluye desde el horno de fundición dentro de un baño de flotación de estaño líquido. El baño de flotación está cubierto por un techo refractario, manteniéndose una atmósfera calentada para evitar la oxidación. En la cámara de flotación ambas superficies del vidrio adquieren la pulidez de espejo; luego la plancha pasa a un horno de recocido que tiene rodillos muy lisos para evitar que se dañe el acabado. Este método reemplazó las costosas operaciones de esmerilado y pulimento del antiguo método del laminador.

Pilkington introdujo el proceso de flotar al vidrio sobre metal fundido y de esta forma establece la viabilidad de pulir con fuego ambas superficies de el listón de vidrio.

Como el proceso es altamente mecánico produce un producto de muy alta calidad a bajo precio. Este proceso se ha descrito como - el adelanto más importante, fundamental y revolucionario en el proceso de fabricación de vidrio en el presente siglo.-

>> colado

Se toma el vidrio líquido con la ayuda de un gran cazo de acero, y se vierte sobre una mesa que presenta en hueco los dibujos que se desea obtener en relieve o dentro de un molde. Un caso famoso es el vertido de un disco de telescopio de 5 m de diámetro realizado por la Corning Glass Works. El disco se enfrió durante mucho tiempo para evitar diferencias de temperatura en la masa.

>> prensado

Se obtiene colocando un pedazo de vidrio en un molde metálico, luego se comprime y se retira para recocerlo.

En la operación de prensado se utilizan moldes que constan de tres partes, el fondo del molde, el émbolo y el anillo, el cual efectúa el cierre entre las otras dos partes. En el prensado manual, el vidrio fundido se toma en una varilla de acero de la cual se deja que el vidrio fluya o caiga en el fondo del molde que es de acero de alta calidad. Cuando el volumen apropiado de vidrio está en el molde, se separa de la varilla con unas tijeras. Se embuta el émbolo en el molde, lo que provoca al vidrio a fluir en el espacio circundado por las dos partes del molde. El patrón del vidrio está impreso ya sea en el molde o en el émbolo. Cuando este espacio se llena, el movimiento del émbolo se detiene.

Las prensas manuales tienen una mesa fija o giratoria. En cualquier caso el cuerpo del molde está pegado a la mesa y el émbolo al pistón. Hay una gran variedad de prensas en uso diseñadas tanto para medir automáticamente la cantidad de vidrio a ser prensado o para prevenir variaciones de presión debido a

desigualdades en las cantidades de vidrio en los moldes. Si fuera necesario el reformar al vidrio después de su extracción del molde, se pega a una varilla, se recalienta y se ablanda y entonces se reforma como se quiera. Después de que el vidrio ha sido prensado en la forma necesaria por el molde, se transfiere ya en forma rígida a el horno de recocido, a través del cual viaja automáticamente, enfriándose gradualmente y recociéndose adecuadamente durante el proceso.

El prensado del vidrio fue desarrollado en el siglo XIX, ya que se presta a la mecanización.

El prensado mecánico es similar en principio al manual. Hay que tener muy en cuenta las propiedades del vidrio para poder determinar exactamente la duración de la presión y la temperatura que debe mantenerse durante el prensado. La dosificación exacta de la alimentación es también necesaria.

Se monta un juego de moldes en una mesa circular de acero, la cual se rota en pasos que son usualmente de la distancia angular entre los moldes.

Las mesas revólver rotativas hacen girar a sacudidas una docena de moldes bajo un alimentador automático. El vidrio fluye de la parte delantera de un corazón a un cuenco refractario el cual tiene un orificio circular en el fondo. Un émbolo recíproco de material refractario encima de este orificio hace que el vidrio fluya hacia abajo en pulsaciones las cuales se separan en pedazos del volumen o peso apropiado para los artículos que se prensan. La separación en pedazos la realizan unas tijeras mecánicas que están justo abajo del orificio. Los movimientos del émbolo, tijeras y de la mesa de prensado están sincronizados unos con otros para que los pedazos caigan en moldes sucesivos al llegar a la estación de llenado. En la siguiente estación, el émbolo desciende y prensa el pedazo de vidrio. En las estaciones que siguen, el vidrio se enfría hasta que pueda ser removido y conducido a el horno de recocido.

Usualmente se emplean chorros de aire para enfriar el fondo de los moldes y también al vidrio dentro de los moldes. Los émbolos son enfriados por separado, casi siempre por circulación de un medio de enfriamiento. La temperatura de los moldes es de alguna forma crítica. Si el molde está muy caliente el vidrio se puede pegar a él, lo que puede provocar un cese de movimiento para quitar el vidrio adherido al molde. Por el contrario, si los moldes están muy fríos puede resultar en una superficie arrugada o agrietada en el vidrio.

Un simple peón puede vigilar esta tarea que no requiere ya ninguna especialización.

Las prensas completamente automáticas con alimentador pueden producir de 50 a 60 piezas prensadas en un minuto. Tienen particularmente una gran producción las prensas de múltiples moldes en número de 8 a 16 para ladrillos de vidrio, depósitos para acumuladores y vasos pesados. También se han construido prensas para vasos de paredes delgadas y otros utensilios domésticos. Estas prensas tienen doce moldes y producen 20 a 60 vasos por minuto.

El método de libre prensado permite la fabricación de objetos más hermosos y más delgados que los que hasta ahora se habían podido fabricar con las prensas. El vidrio es vertido desde el alimentador en el molde y prensado rápidamente entre el molde y el troquel. Los objetos no necesitan ningún pulimento por el fuego ni debe ser retocado su fondo.

Los bloques actuales de vidrio se prensan en dos mitades y se unen a altas temperaturas. Un vacío parcial se acciona mientras el bloque se enfría y el aire del interior se contrae. Hay bloques de vidrio fabricados con un vidrio resistente al calor, que tiene un coeficiente de expansión de 0.0000032.

>> soplado

El soplado de vidrio es un trabajo de equipo con tres o cuatro operarios.

Para empezar se toma una caña, con una longitud que según la naturaleza del trabajo, oscila entre 120 y 180 cm. Las cañas para piezas grandes tienen, cerca de su embocadura, un mango de madera torneado que permite empujarlas sin quemarse, y en el otro extremo una parte ensanchada. Las cañas para piezas pequeñas no tienen mango. Se introduce la caña en el crisol de vidrio en fusión, se le da varias vueltas y después se le retira junto con una bola de pasta que tiene la consistencia de la miel líquida. El movimiento de rotación continuo contrarresta el peso e impide que el vidrio fluya. Se gira esta bola sobre una mesa de hierro, la mambra, para redondearla e igualarla, y después se sopla, tan sólo por un segundo, en la caña. El mambreado es para formar una superficie fría en la superficie exterior del vidrio caliente. Esta caña fría sostiene la presión interna del soplo del soplador. Cuando sopla a través de la caña el soplado también forma otra capa más fría en la superficie interior. El vidrio se hincha y se forma una ampolla del tamaño de una pera que adquiere un color rojo oscuro al enfriarse. A este principio de pieza se le llama la toma. El ayudante maneja a su vez el tubo y toma una segunda medida de vidrio sobre la primera. Sin que cese de girar su caña, y con la mano izquierda se gira la caña hacia adelante y atrás, sobre el banco de vidrio. Con la mano derecha se maneja un moldecito o calibre con el cual se da forma redonda u ovalada a la bola ígnea. A intervalos, se sumerge el moldecito en un cubo de agua para evitar que se carbonice. Seguidamente, el ayudante inicia la forma, ya sea soplándola, describiendo un molinete por encima de su cabeza o imprimiendo un movimiento pendular, con la pieza hacia abajo, para prolongar el cuello por medio del peso, o bien modelando con las pinzas. Al poco tiempo, la pieza se oscurece y después adquiere un color verdoso, lo que indica la necesidad de recalientarla.

El maestro vidriero se apodera entonces de ella y asume la responsabilidad del acabado. Determina la forma definitiva e impone a la materia las proporciones ideales. De pie, prolonga todavía más la pieza mediante un balanceo de la caña, se sienta y oprime, hiende o aplana con las pinzas. El ayudante aplana el fondo con ayuda de una paleta de madera, mientras el maestro practica una ligera concavidad con el dorso de las pinzas. El ayudante presenta entonces el pontil, de la misma longitud que la caña, con cuyo extremo ha tomado una pastilla de vidrio al rojo. El vidriero guía el pontil con sus pinzas y lo aplica al fondo del recipiente para soldarlo. Se trata de una operación muy delicada. Si la presión es insuficiente, el recipiente, mal adherido se cae; en cambio, si está demasiado adherido se romperá al pretender separarlo de su soporte. Después, el vidriero humedece el cuello con las pinzas mojadas; el vidrio, súbitamente enfriado, se vuelve frágil y basta un golpe seco en la caña para desprender la pieza.

En la pieza terminada, la marca del pontil, casi siempre perceptible, permite distinguir los vidrios soplados a mano de los vidrios industriales.

Mientras el aprendiz rasca el vidrio adherido al extremo de la caña para recuperar la materia sobrante, el vidriero procede a recalentar el vidrio del pontil. Hasta aquí, sólo la mitad de la pieza ha sido recalentada. La sustitución de la caña por el pontil deja modelar la otra mitad. Con la mano izquierda, el vidriero verifica las dimensiones con el compás y después recorta el borde del cuello con unas grandes tijeras. El vidriero introduce las hojas de las tijeras en el cuello para igualarlo, y después enrolla alrededor de este cuello en rotación una hebra de vidrio blanco. Aísla este cordón con las pinzas y sólo queda separar la pieza del pontil con un golpe seco. La pieza cae en la pala del operario que se encarga de introducirla en el horno de recocido.

La operación de recocido tiene lugar en una galería calentada por las temperaturas perdidas del horno, o bien en un horno especial. Se depositan en el horno las piezas terminadas a unos 500 grados, sobre unos trenes de bandejas de plancha metálica o sobre unas cintas sin fin, y así avanzan a lo largo del horno túnel, alejándose lentamente de los focos de calor, para alcanzar, al cabo de unas seis horas, la temperatura del ambiente y la salida, donde los obreros las esperan para lavarlas y raspar las huellas de la barra de hierro o pontil.

[soplado en molde

En el soplado de las piezas huecas en moldes el vidriero, de pie sobre un taburete bajo, sopla perpendicularmente en el molde depositado en el suelo. Bajo la acción del soplado, la burbuja de vidrio al rojo se amolda perfectamente a las paredes del molde. Bastan unos segundos para que se reproduzca fielmente la huella de éste y se pueda retirar del mismo. Nunca será abandonado este procedimiento para la fabricación de piezas enteras o partes de piezas. Si el objeto es troncocónico o ensanchado, o si sólo se moldea la parte inferior troncocónica o ensanchada se utiliza un molde de una sola pieza. Si el objeto tiene relieves o un cuello capaces de obstaculizar la retirada después del moldeado, se recurre a un molde de dos mitades articuladas, identificable por un delgado burlete vertical de vidrio.

El molde de tierra refractaria no gozó de favor durante mucho tiempo, pues se rompe, se desgasta, los relieves se embotan y a veces, se adhieren sus fragmentos al vidrio. El molde de madera tiene más ventajas, pues gracias a su débil conductividad enfría gradualmente la ampolla incandescente soplada en su interior. Para evitar la carbonización del molde y la adherencia de la masa al mismo, se introducen virutas de madera que se inflaman en contacto con el vidrio al rojo, desprenden gas carbónico e impiden que el vidrio se adhiera a las paredes. A pesar de un pulido con grafito estos moldes se desgastan y deforman, pero confieren al vidrio un brillo excepcional. El molde de fundición es prácticamente indestructible, pero, por desgracia, como es buen conductor absorbe demasiado calor, enfría el objeto con rapidez excesiva y le da una especie de templado que lo vuelve más duro pero también más frágil.

El hierro fundido conviene perfectamente para los moldes calados o de rejilla; en estos últimos, unas finas láminas metálicas montadas en un soporte rígido retienen el vidrio en unos lugares mientras se hicia libremente en otros, con lo que se obtienen gruesas aristas separadas por surcos estrechos.

El armazón de alambre en el que son sopladas algunas linternas es el caso extremo del molde calado, pues el molde permanece solidario a la pieza.

Los bloques de vidrio huecos se soplaban manualmente en moldes que incluían aire enrarecido. Estos bloques eran sellados con una pastilla de vidrio fundido.

Hay otro tipo de moldes en el que se ensamblan una serie de laminillas de metal. Este último tipo tiene ventajas sobre los moldes colados y usualmente es menos caro de construir. Estos moldes son rígidos y se deja el suficiente libramiento para que se pueda sacar el molde fácilmente pero en el caso de unos patrones más complicados es necesario el hacer moldes embisagrados para poder sacar la pieza.

En el uso de moldes de corazón el vidrio es colocado y soplado como siempre. Debe soplarse durante un tiempo más prolongado para que la figura se pegue al vidrio.

La profundidad y lo pronunciado del diseño variará con la presión de soplado usada, el espesor de la pared del artículo, el tiempo que el vidrio es mantenido en contacto con el metal y la cantidad de tiempo permitido para

recalentar antes de soplar en el molde. Si se quiere un diseño uniforme es necesario que la condición del vidrio se mantenga constante y que se siga un horario fijo.

El vidrio estriado puede ser recto o en espiral. En el vidrio estriado recto, los artículos de moldes de pasta el vidrio se trabaja comparativamente en frío y la dirección de las rotaciones se reversan frecuentemente, esto es, el vidrio es balanceado en lugar de doblarse hacia adentro.

El estriado espiral se produce por trabajar al vidrio más caliente y volteando al vidrio en la misma dirección hasta que se vuelve rígido. La porción más baja de el espacio sopla los lados del molde primero y da una acción de libramiento que provoca que el espacio se tuerza. En la producción semiautomática es algunas veces necesario el proveer el torcido en el vidrio antes de ponerlo en el molde.

[vidrio soplado craquelado

En el soplado manual el craquelado se logra metiendo la bola en agua y calentándola en un fuego moderadamente caliente. Conforme el vidrio empieza a suavizarse debe darse un soplo de aire para expandirlo un poco para prevenir que se "cicatricen" los craquelados formados por el agua. Debe tenerse cuidado en no caletar mucho al vidrio ya que el craquelado se volverá indistinto otra vez y si la bola no se calienta lo suficiente, el craquelado se cubrirá con puntos agudos que añaden dificultad a la limpieza y hacen su manejo peligroso. Para añadir variedad al craquelado, la bola debe calentarse y sumergirse en agua dos o más veces. El craquelado muy cerrado se produce por soplar el artículo en el molde antes de meterlo en agua. Después de ser metido en el agua el artículo se calienta y es resoplado en el molde para restaurar la forma que en alguna forma es destruida un poco en el craquelado.

Entre más agudo sea el gradiente de temperatura en el artículo al momento de meterlo en el agua, más fino y más sedoso será el acabado.

[vidrios policromos soplados

Es posible obtener vidrios policromos por yuxtaposición, por superposición o por batido, siempre que se disponga en el mismo horno de un crisol para cada color, y sobre todo con la condición de que las composiciones tengan el mismo coeficiente de dilatación, pues de lo contrario las piezas estallarían. Por yuxtaposición en primer lugar, pues se concibe la facilidad de trasladar a otro crisol las piezas en cuestión y modelar patas, pies, etc.

El overlay consiste en superponer dos o más capas de color en la misma pieza; el soplador sumerge la primeratoma en un segundo crisol y eventualmente en un tercero, antes de modelar la pieza así hojaldrada y envuelta.

>> prensado y soplado

Se utiliza mucho para fabricar recipientes. La fabricación de botellas a máquina es sólo una operación de vaciado en la que se utiliza aire a presión para crear un hueco. Una pieza terminada de vidrio soplado puede hacerse por combinación de dos operaciones, prensado y soplado. El cuello es lo primero que se prensa en un molde de parísón, después de lo cual, el parísón es transferido a un molde de soplado. El hoyo es soplado a su forma final en un segundo molde. Hay varios tipos de máquinas que producen "parísones", botellas parcialmente formadas o blancos de botellas. Uno es del tipo de alimentación por succión que se emplea con ciertas variaciones, en la producción de focos y de vasos. Otro es del tipo de alimentación por gotas, que se ha aplicado a la manufactura de todo tipo de artículos hechos por prensado, soplado o por una combinación de prensado y soplado.

En el tipo de alimentación por succión, el vidrio contenido en un tanque circular giratorio, de poco fondo, es arrastrado por succión hacia los moldes. El molde se encuentra situado sobre un brazo de la máquina. Después de sumergido en el baño de vidrio este es aspirado. Entonces, el molde se levanta del baño de vidrio, se balancea alejándose de la superficie del vidrio, un cuchillo corta el reborde del vidrio, se abre y cae lejos, dejando el parísón sostenido por el cuello. El molde de botella que tiene la forma final de la misma, sube entonces, colocándose en posición alrededor del parísón y la cabeza del molde se conecta con una bomba de aire comprimido y este chorro de aire hace que el vidrio fluya hacia dentro del molde. La operación de soplado le da el contorno deseado. Este último se mantiene alrededor de la botella hasta que se lleve a cabo otra operación

de reunión; entonces suelta la botella y se levanta para cerrarse alrededor de un parísón fresco. Las operaciones son completamente automáticas y con frecuencia se alcanzan velocidades de 60 unidades por minuto. La alimentación de la máquina tiene lugar mediante un fogón giratorio que sostiene la cubeta de vidrio. Este es el proceso de la máquina de Owens.

El vidrio de las máquinas Owens es rico en alúmina y con un contenido normal en cal y en alcalinos. Se puede llegar a una composición hasta 15 % en alúmina sin que por ello padezca la manipulación del vidrio. No es conveniente pasar de esta cifra a causa de la estabilidad química del vidrio. Estos vidrios ricos en alúmina son baratos por emplearse rocas naturales, como la fonolita, que permiten ahorrar en el consumo de carbonato sódico.

El alimentador por gotas representa uno de los desarrollos más importantes en el trabajo automático del vidrio. En las máquinas de alimentación no sólo tiene importancia la cantidad de vidrio, sino también la forma de las gotas. En esta operación el vidrio fundido fluye desde el horno a lo largo de un canal en cuyo extremo se halla un orificio. El vidrio gotea a través del orificio y es cortado en gotas del tamaño exacto deseado por medio de unas cizallas mecánicas. Se envía por un embudo hacia dentro del molde del parísón con lo que se inicia la formación de la botella en una posición invertida. Un pasador de cuello sube y se coloca en posición, mientras que otro émbolo cae de la parte superior, sobre el cual el aire comprimido en el chorro de asentamiento empuja al vidrio para que entre en la forma acabada del cuello. El molde se cierra en la parte superior, se retrae el pasador del cuello y se inyecta aire en el contrachorro a través del cuello recién formado para formar la cavidad interior. El molde de parísón se abre y el parísón se invierte cuando pasa a la siguiente estación, de modo que la botella parcialmente formada se encuentra entonces hacia arriba. El molde de soplado se cierra alrededor del parísón, el cual se calienta durante breve tiempo. Entonces se inyecta aire para el soplado final para dar forma simultáneamente a las superficies interior y exterior de la botella. El molde de soplado se retrae girándolo y la botella se dirige hacia el horno de recocido.

Este procedimiento tiene ventajas reconocidas, tales como baratura de los moldes, gran velocidad de trabajo, producción de botellas de cuello estrecho y de cuello ancho, y mejor manera de colocación de las cubetas. Las máquinas del tipo de alimentación producen un vidrio que es esencialmente más blando que el Owens. Por su composición se aproxima al vidrio hueco blanco con escaso porcentaje de alúmina, y por lo menos 15 % de álcalis.

Las máquinas automáticas de soplado de botellas consisten por lo general, en dos mesas circulares, conocidas como mesa del molde del parísón y mesa de soplado. A medida que el vidrio se mueve alrededor de la periferia de la mesa, se llevan a cabo las diferentes operaciones descritas antes. El movimiento de la mesa es controlado por aire comprimido que opera unos pistones alternativos, y las diferentes operaciones que se desarrollan en la mesa son coordinadas con el movimiento de la mesa por un mecanismo de tiempo accionado por un motor. Este último dispositivo constituye una de las partes más importantes y caras del equipo.

Las grandes cubetas giratorias de la máquina Owens requieren grandes gastos de instalación y consumen mucho combustible. Una reducción de la cubeta giratoria por ahora sólo se ha logrado para el vidrio blanco, pero los vidrios de color sólo con dificultad pueden ser mantenidos a una temperatura determinada, o calentados en las pequeñas cámaras de horno.

Existen máquinas que tienen moldes múltiples y doble alimentación. Los tipos más adelantados en este sentido son la máquina Lynch n. 10 y la máquina J. S. En esta última se ha abandonado el sistema de la mesa giratoria, estando colocadas en serie las unidades ervidas por alimentador y canales móviles.

Hay máquinas Roirant de dos tipos: aspirantes o de alimentador. De la máquina original de un solo brazo derivó la máquina aspirante de seis brazos.

Una máquina Owens de diez brazos produce 43 000 botellas de un litro en 24 horas. La máquina Roirant de seis brazos produce 19000 botellas de la misma capacidad. Una Roirant de ocho brazos produce 33000 botellas de un litro en 24 horas.

En la operación de soplado y prensado se usa un sólo molde, aunque se fabrica en dos partes que se unen por una bisagra. Estas dos secciones se abren para remover la pieza fabricada. Los moldes de pasta, siempre de forma circular, se revisten con una capa de material orgánico que absorbe agua. Este cojín se mantiene húmedo, lo cual desarrolla un cojín de vapor que absorbe mucho calor del vidrio caliente. El cojín que se forma entre la capa y el vidrio y permite que el vidrio sea rotado en el interior mientras es soplado. Los moldes tienen hoyos en sus paredes para ventilar el vapor. Los moldes de pasta imparten al vidrio una superficie superior y no dejan condoncio en el vidrio que marque la costura entre las dos mitades del molde.

Los moldes de hierro fundido pueden ser o circulares o de forma irregular. No tiene cojines interiores por lo que el vidrio hace contacto con el material del molde por lo que la calidad de la superficie del vidrio soplado es inferior a la producida en los vidrios de pasta. El vidrio no es rotado durante el soplado, por lo que los artículos de sección rectangular con cuerda en el exterior o con letras en relieve necesitan el uso de moldes de hierro. En los dos tipos de moldes, el espacio abierto del artículo debe cortarse y terminarse con operaciones adicionales.

Para el soplado en general, la forma ideal para los artículos es la de una pera, como en las lámparas incandescentes. La distribución de el espesor de la pared en un artículo soplado se determina a un grado considerable por la forma de la cavidad del molde. En el caso de un molde rectangular, la burbuja expandida primero hace contacto con los lados más cercanos. El vidrio se rigidiza sobre el área de contacto, lo que previene fluidez lateral futura en esta parte del vidrio sobre la superficie del molde. El vidrio resultante se estrecha y se expande hasta que la siguiente barrera, una pared más distante, se encuentre. Las esquinas se llenan al final, lo que resulta en el mayor estrechamiento del vidrio en estas áreas.

Este efecto de distribución desigual puede compensarse a un grado considerable por el formado de la burbuja de vidrio antes de que se coloque en el molde. En las operaciones manuales, esto se llama -bloqueo de recocido-.

En el proceso automático de prensado y soplado, la forma del parísón prensado se diseña para que cuando se expanda en el molde de soplado, se conforme de un modo general, en la forma de la cavidad.

| soplado de lámparas incandescentes

El soplado de las lámparas incandescentes o focos difiere de la manufactura de una botella en que el tamaño y la forma del foco son determinados inicialmente por el chorro de aire mismo y no por el molde.

El soplado de lámparas incandescentes es un excelente ejemplo de un proceso altamente mecanizado. Con la excepción de bulbos miniatura y otros artículos más grandes.

Esta máquina está provista de un flujo de vidrio que fluye a través de una abertura anular en el horno y va hacia abajo entre dos rodillos de acero enfriados por agua que aplanan al vidrio para hacerlo plano como un listón. Uno de los rodillos tiene depresiones circulares que están en un transportador horizontal de cadena sobre el que pasa el vidrio a continuación. Están moldeados de tal forma para que formen secciones más gruesas a intervalos. El listón está soportado en una cadena en movimiento de platos de acero, cada una con un hoyo que encaja en las partes más gruesas del listón. El vidrio se pandea a través de los orificios para formar burbujas. El vidrio se hunde en estos agujeros por su propio peso. Debajo de cada agujero hay un molde rotatorio. Una segunda cadena que carga casquillos sopladores o toberas que bajan hacia el listón por la parte de arriba y cada casquillo registra una protuberancia del vidrio o de los agujeros del transportador. A medida que la cinta se desplaza estos casquillos suministran soplos de aire que expanden las burbujas preliminares del listón. Una serie de moldes giratorios de pasta húmedos, que viajan debajo de los orificios de los platos, se cierran alrededor de las burbujas y rotan para que cada burbuja sea soplada por los soplos finales de los casquillos sopladores. El segundo golpe de aire es de presión considerablemente menor que el primero. El molde de este soplado final tiene una capa de vapor, como en la producción manual de focos. Después de que se ha soplado el foco, el molde se abre y se va: un golpecito de martillo separa al foco de la banda. Los focos caen en el transportador que los lleva a la rejilla del horno de templado, donde se deslizan con el cuellos hacia abajo, entre dos tiras verticales paralelas que los soportan mientras son templados. El tiempo total para toda la serie de operaciones, incluyendo el templado, es alrededor de 8 minutos. Se han logrado máquinas con velocidades hasta de 2000 focos por minuto.

La máquina Westlake también produce focos pero con un sistema de alimentación por succión; en el cual un molde aspira el vidrio de la cubeta con vidrio. El molde se levanta y deja caer la toma, la cual es recibida en un compresor que inyecta aire y hace la primera burbuja, después este dispositivo se invierte y la burbuja se coloca dentro de un molde con la figura del foco y se le inyecta otra cantidad de aire para acabar de formar la pieza.

174

>> fundición centrífuga

Se deja caer un pedazo de vidrio en un molde metálico rotativo de modo que el vidrio suba por fuerza centrífuga. Este proceso produce una pared con un espesor mucho más uniforme. En algunos casos una rueda afilada se usa para terminar la parte superior de el vidrio aún plástico, mientras gira lentamente al final de la operación de rotación.

La fundición centrífuga se emplea para fabricar los embudos de los lados traseros de los tubos de televisión. Después de formarse, se sella luego el disco de vidrio al embudo utilizando una soldadura de vidrio especial de bajo punto de fusión. Se pegan por medio de una llama de gas o gas y electricidad.

Para los cinescopios de receptores de televisión a color, el fósforo se aplica a la superficie interior de la pantalla. Detrás de la pantalla se monta una máscara perforada para dirigir correctamente los haces de electrones. La elevada temperatura que se necesita para el sellado no puede emplearse aquí, ya que causaría el deterioro del fósforo.

>> fibra de vidrio

La lana de vidrio ordinaria se obtenía por varios procedimientos por ejemplo, por centrifugación; en cambio, el desarrollo de la industria de las fibras de vidrio es muy reciente, habiéndose logrado fabricar fibras de 9 hasta 10 micras de diámetro. Las fibras de vidrio con un diámetro inferior a 12 micras pueden hilarse convirtiéndolas en un material útil para la industria textil.

Las fibras de vidrio se pueden estirar para hacer hilos o soplarla para hacer capas aislantes. También se estiran para formar productos fibrosos de vidrio por medio de procesos básicos:

- 1 soplado por aire o vapor
- 2 soplado por flama
- 3 tracción mecánica o estirado
- 4 hilado saliendo de la varilla de vidrio

[soplado por aire o vapor

Los sopladores de aire o vapor que convergen en un pequeño ángulo incluido sobre corrientes de vidrio fundido ejercen fuerzas de tracción lo suficientemente fuertes para acelerar y atenuar al vidrio en fibras. Conforme la presión del aire se incrementa o conforme la temperatura del vidrio se eleva para decrecer su viscosidad, la acción progresa de una suave atenuación de fibras largas y uniformes a una de violencia, la cual estira las corrientes turbulentaemente en muchas direcciones y produce fibras más cortas y finas, junto con pequeñas partículas de vidrio.

La velocidad de las fibras decrece conforme se mueven hacia abajo desde los sopladores, por lo que forman una masa enredada la cual es depositada en una banda transportadora. Las características del producto formadas en la banda dependen del tamaño y largo de las fibras, la rata de deposición, la velocidad relativa de la banda y del tipo de lubricante o ligador rociado en las fibras descendiente

[soplado por flama

Las lanas de fibra fina y ultrafina para la fabricación de papel se preparan así: Las fibras sencillas burdas de largo continuo se estiran mecánicamente de orificios y luego se alimentan en una flama a alta velocidad; la flama sirve para fundir y para atenuar al vidrio en largos de fibras textiles. Estas fibras se rocian con un ligador termofijo y se recogen en una banda transportadora, y se comprimen a el espesor deseado y densidad, y se llevan a través de un horno para fijar el ligador. Este proceso produce fibras que no tienen nada de residuos en forma de perdigones. Las fibras ultrafinas que se usan en la fabricación de papel no reciben ni ligador ni lubricante y se embalan en masa para su embarque.

[estirado mecánico de filamento continuo

En este proceso, el vidrio se funde en boquillas en la misma forma de las fibras textiles, aunque los hornos de alimentación de hornada son también adecuados. Un método de producción consiste en la refusión de bolas de vidrio que fluyen a través de una plancha calentada de platino con boquillas de 1.2 mm. Son un gran número de orificios, frecuentemente de 102 a 204, de los cuales un número correspondiente de fibras se estiran para formar un filamento único y continuo. Todas las fibras van reuniéndose en un manguito situado sobre un pequeño tambor que gira. La tracción se produce por la rotación de un tubo devanador que enrolla a velocidades en su superficie hasta de 61 m/seg. Cuando el tubo se ha llenado con los hilos de vidrio, se remueve del mandril y se reemplaza por un tubo vacío. Luego se clasifica el material. El sisado se aplica a la hebra conforme es estirada al formarse de varios hilos. El sisado lubrica a las fibras y las mantiene unidas en la hebra.

[hilado saliendo de la varilla de vidrio

Una máquina de estirar fibras de vidrio comprende 50-75 varillas de vidrio de 3 hasta 4 mm de grueso, dispuestas una al lado de otra. Cada una de las varillas es calentada eléctricamente o con un mechero de gas hasta que funde. La temperatura debe ser mantenida exactamente a 1200 o C \pm 5 o C. Al comenzar a fundir se forma una gotita que estira una fibra consigo. Las dos son recogidas por un tambor rotativo; las gotas son centrifugadas y las fibras enrolladas. El tambor tiene 1 m de diámetro y gira con una velocidad de 2400 m. minuto. Con el fin de mantener uniforme la masa fundida hay un alimentador que para fibras de 10 micras empuja las varillas de vidrio a una velocidad de 1.8 m / hora. Las fibras pasan por una varilla fundida que les da una capa protectora. Eligiendo los gruesos de las varillas de un modo adecuado, regulando el empuje de la varilla que funde y la velocidad de estiramiento, se pueden variar los diámetros de las fibras dentro de ciertos límites. Los filamentos, al principio son continuos, después se les corta dejándoles con una longitud de unos 3 metros, y finalmente de les divide en trozos de 7 hasta 12 cm. Así se forman copos de fibra de vidrio que pueden ser hilados. Con esta operación se produce un notable acortamiento de la fibra y disminuye su resistencia. Acoratando el proceso de la hilatura se han conseguido hilos que por su calidad pueden competir con los obtenidos con el procedimiento de estirado.

[fabricación subsecuente

La lana de fibra de vidrio, el felpudo y algunos productos en paquete que se fabrican en grandes volúmenes generalmente se procesan en su forma final desde extensiones en línea recta de la banda transportadora original en la cual el producto es formado.

Operaciones más especializadas y ensamblas son llevadas a cabo en operaciones por separado, en la planta productora de fibra o en otras plantas especializadas en operaciones de fabricación.

Las primeras torsiones, las hebras, los cordones y los hilos representan productos intermedios, los cuales son tejidos posteriormente o trenzados en textiles.

>> procesos para fabricar tubos

Los tubos y varillas de vidrio se fabrican por medio de uno de cuatro métodos.

El primero y más antiguo, requiere un grupo de hombres conocidos como sopladores primarios. Un miembro del

grupo usa un tubo de hierro, aproximadamente de 1.50 m que está adecuado con una pieza para la boca en una punta y un pequeño reborde en la otra punta. La punta que tiene el reborde se mete repetidas veces en el vidrio fundido y se le da vueltas continuamente hasta que se forma una masa de la talla requerida.

El tubo se le pasa entonces a otro miembro del grupo. Le da forma a la masa y sopla una burbuja.

Un tercer hombre ahora le pega una varilla de metal de 1.50 m a la punta de el vidrio ya preparado. Estos dos hombres se mueven lentamente, separándose, caminando de espaldas, rotando el vidrio fundido y estrechándolo para hacer un tubo. Se requiere una gran habilidad para hacer un tubo de una pared uniforme, para controlar el diámetro por medio del soplado y para obtener la dimensión deseada justo cuando el vidrio rigidiza.

El tubo así formado se acuesta en listones de madera, se corta en largos de 1.50 m y estos pedazos se recuecen en un homo y se mandan al departamento de empaclado.

Este grupo de hombres pueden producir tubos y varillas de cualquier dimensión deseada y pueden mantener el espesor de la pared del tubo dentro de tolerancias remarcablemente pequeñas. Es interesante notar que con este método se puede soplar un tubo de 3 mm de diámetro y 435 cm.

El segundo método es el de la máquina continua Danner en donde un listón de vidrio fundido y de viscosidad adecuada fluye directamente del crisol de un homo, en la parte exterior de un tubo cerámico rotativo hueco y piramidal, que está inclinado unos 30° con respecto a la horizontal. Sobre el mandril el vidrio es consecuentemente convertido en una masa suave, continua y rotativa. Se sopla aire en el mandril y se forma el tubo. El aire evita que el tubo se deforme después de pasar por el mandril. El vidrio fluye fuera de la punta del mandril, donde se tira de él. Un par de correas engancha la tubería, sacándola a velocidad uniforme. Después es transportado por unos rodillos cubiertos de asbesto a la máquina de corte, la cual separa al tubo en largos definidos. El diámetro y el espesor de la pared del tubo se mantienen por el control de la temperatura del vidrio, la rata de estrado, la presión del aire que se sopla dentro del mandril hueco y la velocidad de rotación del mandril. Al igual que para el vidrio plano, el recocido es necesario.

Un tercer método es también con una máquina continua, la máquina Vello. En este proceso el vidrio fundido fluye verticalmente a través de un espacio entre un mandril vertical y un anillo refractario, el cual se coloca en el fondo de la sección del horno de donde se saca el vidrio y que se llama tazón. Los tubos se transportan a la máquina de corte y se separan en la misma forma del método anterior.

El proceso vello también se utiliza para estirar el vidrio de cuarzo y otros vidrios duros hasta temperaturas de 2000° C. Para ello se funde el cuarzo en un crisol de molibdeno, de forma tubular, calentado eléctricamente; el vidrio fluye sobre un mandril hasta la hilera que saca fuera el cuarzo en forma tubular y allí es cogido por una máquina de estirar que le da forma de cinta sin fin.

La máquina de estrado hacia arriba se usa para tamaños más grandes de tubos y también para tamaños más chicos que necesiten requerimientos especiales. Aquí los tubos se estiran hacia arriba desde un cono refractario localizado en un tazón, con el mismo principio del utilizado en el proceso de laminación de vidrio estrado con el método Fourcault. Se sopla aire a través del cono para controlar las dimensiones y para enfriar el vidrio conforme sube. Se corta en secciones al final de el estrado. Se pueden estirar tubos con diámetros de hasta 18 cm o más y cuando se usan vidrios borosilicatos que tienen espesores de pared de 0.95 ó 1.27 cm. La tubería industrial de vidrio se fabrica con este proceso. Por medio del procedimiento Phillips el vidrio se puede estirar desde el interior de la caña.

[procesamiento de los tubos y varillas de vidrio o trabajo de lámpara

Los aparatos de vidrio para laboratorios químicos, para propósitos experimentales y para formar otros artículos como floreros, jarras, etc., frecuentemente se fabrican por el calentamiento de los tubos o varillas en una flama de gas y luego se forman por medio de tales operaciones como soplado «con la boca o usando presión de aire de otra fuente», doblado, maquinado y sellado. En producciones de grandes cantidades, muchas de estas operaciones han sido altamente mecanizadas, ya que se usan tornos a grandes velocidades. Cuando se requiere precisión en las dimensiones, la pieza puede ser maquinada en moldes o dados de metal o de carbón o grafito.

Pequeños artículos de vidrio son frecuentemente reprensados del vidrio. Un método es el calentar la punta de una varilla de vidrio en la flama y luego transferirla a un dado que forma el artículo y corta la parte prensada de el resto de la varilla. Pequeños tubos para radios son reprensados de tubos de vidrio.

Es importante que todas las partidas de los vidrios usados tengan las mismas propiedades físicas y químicas. Es importante porque estos vidrios deben poder unirse satisfactoriamente. Estos vidrios deben dividirse convenientemente en tres clases: vidrio de sosa, vidrio borosilicato y vidrios especiales.

Las varillas de vidrio son raramente perfectamente rectas o perfectamente circulares en corte y el diámetro no es el mismo a todo lo largo. Tales imperfecciones no afectan casi a ningún artículo de vidrio, sólo a los más precisos.

El diámetro exterior del tubo capilar cae entre ± 1 mm del tamaño específico mientras que la tolerancia en el barreno varía de ± 0.25 mm para el hoyo o barreno de 0.5 mm a ± 0.5 para el barreno de 0.3 mm

El diámetro nominal de las varillas de 3.5 mm será exacto a ± 0.5 mm y el tamaño más grande 20 mm será exacto a ± 1.0 mm.

Estas dimensiones son para los tubos y varillas fabricados por los medios mecánicos de mejor calidad.

>> métodos de sinterización

Los objetos de vidrio pueden fabricarse por medio de cuerpos de incrustación o calientes hechos por medio de combinar partículas de vidrio.

Con partículas finas obtenidas de moler bolas y por el quemado a altas temperatura, el cuerpo se vuelve sólido y sin poros. La inclusión de pequeñas cantidades de gas en huecos diminutos, usualmente alrededor del 2 % del volumen, hace al material translúcido en una forma similar a los vidrios opales. Este método de fabricación, titulado -multiforma- puede usarse con muchas composiciones de vidrio. La limitación principal resulta por la tendencia de algunos vidrios a devitrificarse durante la operación de quemado.

Ciertas formas en vidrio se producen más fácilmente de esta forma que por el material fundido y los métodos convencionales y se pueden obtener ciertas propiedades especiales. Esto se aplica particularmente a artículos con barrenos.

Las propiedades de los vidrios fabricados con estos métodos corresponden casi a esos obtenidos con otros métodos.

Los esfuerzos de rompimiento son casi siempre un poco menores que esos para vidrios fabricados ordinariamente. Las temperaturas de quemado son un factor que determina la resistencia.

[prensado en seco

El vidrio de la composición deseada se pulveriza a un polvo fino en un molino de bolas y luego se mezcla con una pequeña cantidad de líquido orgánico ligador con el que se forman pequeños gránulos. Este líquido provee la fuerza necesaria y desaparecerá en la operación de quemado. Estos gránulos se alimentan en moldes de acero que se montan en una prensa que también se usa para cerámica prensada en seco. La fuerza de el artículo prensado se produce por el líquido ligador, el cual como se dijo anteriormente desaparece en el quemado sin dejar cenizas. El artículo se quema a una temperatura un poco arriba del punto de ablandamiento del vidrio, el cual produce un cuerpo vítreo que tiene aproximadamente las mismas propiedades del vidrio original a excepción de que no es completamente transparente como el original, sino translúcido por los pequeños huecos o vacíos que quedan. El volumen de estos huecos, en general, no es mayor 1 % del volumen del vidrio. La operación de prensado en seco se usa para pequeños artículos como cuentas, las cuales se fabrican en grandes cantidades.

[moldeo en masa

El vidrio se hace una masa por la adición de agua. Esta masa se vierte en un molde de yeso mate (sulfato de cal), el cual absorbe el agua de la masa. El artículo que aún no está quemado se seca después de que se remueve del molde y entonces se quema. Este método se adapta más a piezas más grandes que las que se hacen con el método de prensado en seco y se usa extensamente para los vidrios de 96 % de sílica. Platos de hasta 50 ó 65 cm de diámetro pueden hacerse con este método.

Este moldeo se usa principalmente para artículos de tamaño grande o moderado fabricados en cantidades muy limitadas en donde se obtiene una ventaja adicional por el uso de moldes de yeso de bajo costo.

[colados derretidos

Aquí el vidrio se tritura pero no se pulveriza. El material triturado se tamiza o cueja para obtener diferentes tamaños de partículas, dependiendo del tamaño del poro deseado. Se presan discos o tubos al tamaño y luego se queman a la temperatura suficiente para incrustar las partículas, pero sin que se cierren los poros. Los discos son sellados a crisoles o embudos.

[vidrio celular

Durante la introducción de las burbujas de gas el vidrio tiene que estar lo suficientemente fluido para cubrir las completamente y suficientemente viscoso para soportar la presión del gas dentro de las burbujas. El vidrio también no debe ser tan fluido no debe mantenerse fluido por mucho tiempo para permitir que las burbujas suban a la superficie. Será ventajoso aplicar un medio vacío sobre la superficie de el vidrio suave para ayudar a las burbujas de gas a expandirse y a crear una presión reducida en ellas, lo que, por lo tanto incrementará substancialmente el aislamiento al ruido y al calor del producto terminado. Cuando solidifica el vidrio celular, las paredes que están alrededor de las ampollas de aire tendrán que ser lo suficientemente fuertes para soportar cualquier diferencia de presión entre la atmósfera circundante y las células de gas.

[preparación de vidrio celular de vidrios de semilla

Los vidrios que, como regla, se encuentran en una fundición de vidrio se originan de los materiales en bruto los que han sido usados en la fabricación de la fundición y de la atmósfera del horno. Así, el bióxido de carbono se introduce en forma de carbonatos, el agua por medio de compuestos de boro hidratado o de hidratos de aluminio y el dióxido de azufre puede introducirse por medio de sales. La presencia de bario y plomo favorecen la presencia del oxígeno. Estos gases estarán presentes parcialmente como semillas y parcialmente se disolverán en la fundición.

Para obtener un vidrio celular no será sólo suficiente el interrumpir el afinado cuando la cantidad de gases sea mayor en el vidrio, sino que será necesario el expandir las burbujas de gas existentes y el soltar burbujas de gas adicionales por la aplicación de un vacío parcial sobre el vidrio burbujearante.

Para incrementar las -semillas- de vidrio en este tipo de preparación de vidrio celular se sugiere también el añadir refractarios, tales como sal, tierra diatomáceas y esa parecida al vidrio fundido, cuyos refractarios servirán como núcleos para la formación de semillas.

[preparación de vidrio celular de vidrios que contienen ingredientes especiales que provocan la evolución de gases.

Este método se basa en la ley de que el compuesto de menor valencia de una substancia incrementará establemente con el incremento de la temperatura. Las substancias la menor valencia de las cuales sean estables en la temperatura de fusión de un vidrio y la mayor valencia de las cuales sean estables en el rango de ablandamiento del vidrio, podrán ser utilizadas para la preparación de vidrio celular debido a su interacción con el bióxido de carbono y con agua en el vidrio. Así el bióxido de litanio, óxido de cromo, bióxido de manganeso y sus semejantes, tienen tendencia a convertirse en óxidos de menor valencia cuando se incorporan en la mezcla de vidrio, especialmente en la presencia de agentes reductores. Cuando se enfría el vidrio rápidamente se congelarán en su estado de menor valencia. Cuando se recalientan a temperaturas en o algo arriba de el rango de ablandamiento ejercerán una acción fuertemente reductora en cualquier bióxido de carbono y agua presente en el vidrio y, debajo, conversión en sus formas de más alta valencia se reducen a monóxido de carbono e hidrógeno debido a que ambos son por mucho menos solubles en el vidrio que el dióxido de carbono y agua, el vidrio ablandado se expandirá para formar un vidrio celular.

178

[preparación de el vidrio celular por la introducción de gases en el vidrio fundido

El gas se puede introducir en el vidrio fundido en un gran número de formas. Las substancias que reaccionan con el vidrio, tales como carbonato de calcio o sulfato de bario pueden batirse en el vidrio. El gas puede batirse en el vidrio < método de batido de huevos >. El vidrio fundido puede ponerse en contacto con un líquido como agua y así hacerse penetrar con el vapor de agua o sus semejantes. Cuando se sopla aire o vapor en el vidrio fundido, este debe ser hecho de paredes porosas por las que el fluido pueda ser prensado en el vidrio.

[preparación de vidrio celular por la introducción de gases en vidrio pulverizado.

En este proceso, el vidrio pulverizado se mezcla con un material gasificador, tal como carbón finamente separado, también pulverizado y este material de hornada se carga en unas charolas de metal cubiertas. En el quemado, la temperatura provoca que el vidrio fluya, se expanda y la hornada de vidrio se hincha hasta que la charola cubierta se llena por completo. La evolución del gas forma huecos en el material, el cual se infla a un contenedor cerrado, por lo que el material es impermeable. El vidrio pulverizado como material en bruto facilita una mejor distribución de las burbujas de gas en el vidrio, especialmente en donde se usen agentes que despidan gases de vidrio sólido. Los dos más importantes procesos prácticos para la producción de vidrio celular consiste en el calentar una mezcla de vidrio pulverizado con carbonato de calcio o carbón respectivamente. El método de vidrio pulverizado puede usarse sólo con gases, tales como aire, o vapores como vapor de agua bajo presión como se escribió en los métodos usados para vidrio fundido.

El producto se remueve en forma de bloques rígidos y es conveniente, en algunos casos, el fabricar el vidrio celular en hojas grandes o bloques, y luego cortarlo en tamaños para aplicaciones particulares. Esto es particularmente conveniente, ya que el vidrio celular puede ser serrado fácilmente o de otra forma formado con herramientas comunes de carpintero y la necesidad de tener una gran variedad de moldes es eliminada.

La resistencia del vidrio celular se incrementa grandemente por la devitificación provocada por el calentamiento del vidrio por un tiempo prolongado a temperaturas de ablandamiento.

La manufactura de vidrio esponjado describe ese proceso de acuerdo al cual un material silíceo se mezcla con un fluido alcalino y un material inerte que tenga un punto de fusión mayor que el material silíceo y el cual después puede ser removido de la mezcla. La mezcla se calienta para fundir las partículas silíceas por medio del fluido, cuando después de que el material inerte sea removido para obtener la estructura esponjosa deseada.

Los cantidad de huecos es más del 90 % del volumen total.
La densidad es usualmente controlada a una valor de aproximadamente 10 lb por pie cúbico.

>> procesos de vidrios sensibles a radiaciones

Algunos vidrios, cuando se exponen a radiaciones ultravioleta forman una imagen latente que puede ser revelada calentándolo a una temperatura en poco arriba de su punto de recocido.

[vidrio de transparencia de color

Transparencias de color se producen en un vidrio claro que contiene mínimas cantidades de oro como un metal fotosensible con los sensibilizadores necesarios.

Los tonos sepia se pueden obtener por la adición de paladio al oro.

Ambos, los tonos lineares y los continuos se pueden obtener en este tipo de vidrio.

Retratos y otras reproducciones fotográficas se pueden hacer con fino detalle con la imagen revelada que penetra en el vidrio.

[vidrios opacos

La opalescencia puede ser formada selectivamente en áreas expuestas de un vidrio transparente que contengan plata como metal fotosensitivo. Dos procesos suceden en el revelado; primero las partículas se nuclean y segundo, cristales no metálicos se forman y crecen de las partículas nucleadas de plata. Como en el caso de el vidrio con bolas de oro, la imagen revelada puede hacerse penetrar completamente a través de la sección del vidrio.

El vidrio opal se usa para un gran número de propósitos. El vidrio de laminillas para aplicaciones de alumbrado es uno de tales ejemplos. Las laminillas están inclinadas con un ángulo al plano de la superficie del vidrio. Varios efectos de diseño se pueden obtener en hojas de vidrio para revestimiento de estructuras arquitectónicas. Otros diseños se usan para controlar áreas iluminadas para propósitos científicos.

[vidrios para formado químico

La imagen revelada en este vidrio es también un vidrio opal. En este caso, las áreas opales son relativamente solubles en ácido fluorhídrico por lo que pueden ser grabados al agua fuerte completamente con poco efecto que corresponda a vidrio no expuesto.

Por medio de este proceso se pueden obtener patrones muy intrincados en o a través del vidrio. Por ejemplo, 200000 agujeros de 0.02286 cm de diámetro fueron grabados al agua fuerte en un área de 30 cm de diámetro. Con técnicas mejoradas se ha encontrado práctico el grabar 250 000 hoyos en un área de 2,54 cm cuadrados.

[vidrio sensible a los rayos x

Un cuarto tipo de vidrio sensible a la radiación se usa en dosímetros que el personal carga para registrar la exposición a rayos gamma y la cantidad de su radiación. Cuando el vidrio irradiado se expone a la luz ultravioleta, se fluorescencia, siendo la intensidad de esta luz proporcional a la dosis de rayos gamma.

>> procesos para fabricar vidrio cerámico

Ciertos vidrios pueden convertirse en cerámicas por procesos de devitrificación controlada. El control de la devitrificación se realiza por la incorporación de agentes de nucleación en la hornada de vidrio y por el uso de cíclos específicos de tiempo-temperatura para la conversión.

El proceso de la fabricación de un vidrio cerámico implica la preparación, primero de un vidrio que es formado en su estado blando o fundido para producir artículos de la forma requerida. El control de la devitrificación se realiza por la incorporación de agentes de nucleación en la composición como el TiO_2 son nucleados después para formar pequeños cristales en el cuerpo en la hornada de vidrio y por el uso de ciclos específicos de tiempo-temperatura para la conversión. Se calienta al vidrio entre 30 y 100 o C por encima del punto de templado y se mantiene a esta temperatura durante una hora o más. En algunas composiciones, este proceso de nucleación se lleva a cabo por la exposición a radiaciones ultravioleta seguidas de un tratamiento de calor. En otras composiciones la nucleación se puede efectuar por el tratamiento de calor por sí solo. Entonces se hacen crecer cristales en los núcleos, calentando al vidrio a una temperatura entre 750 y 1100 o C, que está dentro del intervalo de devitrificación de la composición particular de que se trate. Se produce la nucleación y la cristalización de varias fases por lo que el producto final es una cerámica policristalina.

La extensión a la que este proceso de cristalización se lleva a cabo depende de la composición del vidrio y del programa de tratamiento de calor empleado. Los cristales producidos de esta forma son mucho más chicos y más uniformes que las partículas cristalinas de las cerámicas convencionales.

Las características físicas de los vidrios cerámicos pueden variarse en una manera controlada y este hecho tiene una carga importante en las aplicaciones prácticas de los vidrios cerámicos.

Por ejemplo, los coeficientes de expansión térmica de los vidrios cerámicos pueden variarse sobre un rango muy amplio por lo que en un extremo, son posibles de fabricarse materiales que posean bajos coeficientes de expansión y que tengan muy buena resistencia al choque térmico, mientras que en el otro extremo, se pueden obtener materiales que poseen coeficientes de expansión muy altos, parecidos a los de los metales comunes.

Las propiedades de las cerámicas producidas de vidrios no son idénticas con esas de las cerámicas de composición similar.

El módulo de Young y los valores de dureza son mucho más altos que esos de los vidrios originales. La resistencia mecánica medida bajo condiciones ordinarias es varias veces tan alta como esa del vidrio.

El uso de los procesos para trabajar al vidrio, tales como prensado, soplado o estirado, ofrece ciertas ventajas sobre las técnicas disponibles para el formado de cerámicas convencionales representa un despegue radical de las mismas, ya que el vidrio se presta al uso de maquinaria que opere a altas velocidades. En general, las técnicas usadas para el formado de cerámicas convencionales, tales como extrusión, formado en masa, son más lentos que los métodos para la formación de vidrio y otro punto es que los artículos de cerámica usualmente requiere períodos más extensos de secado y quemado para evitar la distorsión y cuarteado. Las ventajas de los procesos son particularmente aparentes en la producción de artículos huecos de paredes delgadas y de otras formas en donde la sección del material es pequeña, ya que los artículos convencionales de cerámica sin quemar son frágiles, mientras que los artículos de vidrio de los que se fabrica el vidrio cerámico son relativamente resistentes.

Durante la conversión del vidrio a la forma de vidrio cerámico ocurre un cambio de dimensiones. Este cambio es pequeño y controlable por lo que el control de la forma y dimensiones de el vidrio cerámico pueden obtenerse sin mucha dificultad. La transparencia se mantiene en ciertas composiciones cuando el proceso de devitrificación no se lleva a su límite.

El vidrio cerámico Beta-Eucryptita tiene algunas propiedades interesantes. Los cristales, que son de hecho silicatos de aluminio de litio, pueden hacerse tan pequeños que no dispersan la luz, dando un vidrio cerámico que es completamente transparente. Beta-Eucryptita tiene una estructura atómica abierta, con una geometría espiral inusual, con el resultado que su coeficiente de expansión no sólo es pequeño sino que también es negativo, por lo que este tipo de vidrio cerámico se encoge cuando se calienta.

Para el técnico del vidrio, el desarrollo de los vidrios cerámicos es de gran interés no sólo porque se extienden las posibilidades de aplicación de las técnicas sino porque también la búsqueda por nuevos vidrios cerámicos estimula la investigación de composiciones de vidrio y las estabildades relativas de varios tipos de vidrio.

>> procesos para vidrios fotosensibles y fotocromicos

(vidrios fotosensibles)

Un gran número de operaciones especiales se usan en el proceso secundario de vidrios fotosensitivos. Estos incluyen la exposición a la luz ultravioleta, el revelado por calor de la imagen latente y en algunos casos la eliminación de material en áreas bien definidas con soluciones de ácido hidrófluorhídrico.

Algunos vidrios, cuando se exponen a radiaciones ultravioleta forman una imagen latente que puede ser revelada calentándola a una temperatura un poco arriba de su punto de recocido.

¡ vidrio fotocromico

Para hacer un vidrio fotocromico se comienza con una base que tenga, relativamente, una gran cantidad de óxido de boro. Se añaden plata y cobre en la forma de nitratos o cloruros, como los haluros metálicos, < compuesto consistente de un metal y de un halógeno como cloruro, bromuro o yoduro.

La mezcla se calienta a 1200°C y después se prensa.

Conforme el vidrio se enfría, el boro cambia la forma en que cabe en la estructura del vidrio base. Consecuentemente los halógenos que estaban disueltos en el vidrio a la temperatura de fusión se vuelven mucho menos solubles. Como resultado los halógenos pueden salir de la solución y reaccionar con la plata y con el cobre. La reacción precipita cristales de haluro de plata que contienen pequeñas cantidades de haluros de cobre. Aunque la precipitación puede en un principio ocurrir a temperatura ambiente, la difusión en la matriz del vidrio espeso es tan lenta que pueden pasar muchos miles de años antes de que se puedan formar cristales. La persona que esté manejando este vidrio puede iniciar una rápida precipitación por recalentamiento del vidrio a una temperatura un poco más baja del punto de ablandamiento, típicamente alrededor de 600°C, durante 30 min.

Los cristallitos, de como 100 angstroms de diámetro son muy chicos y muy transparentes como para dispersar o para absorber la luz visible, la cual tiene un rango de longitud de onda de como 4000 o 7000 angstroms. El vidrio permanece perfectamente claro e incoloro. Los cristales no son transparentes a longitudes de onda menores y absorben la luz ultravioleta. Cuando se exponen a esa luz, algunos de los iones de plata, cargados positivamente y unidos iónicamente a iones halógenos negativos, ganan un electrón de un ion de cobre para volverse átomos neutros.

De cientos a miles de los átomos de plata neutros se agrupan para formar motas de metal de plata. Aunque estas motas de plata son muy chicas aún para dispersar la luz visible, la pueden absorber. La longitud de onda que se absorbe depende de las dimensiones de la mota. Cuando la iluminación o radiación cesa, los iones de cobre recuperan sus electrones perdidos. La mota de plata se convierte otra vez en haluro de metal y el vidrio rápidamente se aclara a su estado incoloro.

>> procesos sol-gel

La palabra sol describe la dispersión de coloides en líquidos. Los coloides se describen como partículas sólidas con diámetros en un rango de 10-1000 Å, cada una conteniendo de 10 al cubo a 10 a la nueve átomos. Cuando la viscosidad de un sol se incrementa suficientemente, usualmente a través de la pérdida parcial de su fase líquida, se vuelve rígido. Este material rígido se llama gel. Los gels más extensamente estudiados son probablemente los gels de silicio y silicatos.

Si un método sol-gel quiere aplicarse satisfactoriamente a los procesos de vidrio y cerámica o a la fabricación de un producto de vidrio o cerámica debe ser el único método disponible o puede reemplazar competitivamente un método existente.

Las ventajas de el método sol-gel sobre la fundición convencional del vidrio son:

- una mejor homogeneidad - de los materiales en bruto < excepto en el caso de vidrios ópticos y fibras ópticas
- una mejor pureza - de los materiales en bruto < excepto en el caso de vidrios ópticos y fibras ópticas
- menor temperatura de preparación
- ahorra energía
- minimiza la pérdida por evaporación
- minimiza la contaminación del aire
- no reacciona con los contenedores, así es más pura
- evita la separación de fase
- evita la cristalización
- nuevos sólidos no cristalinos afuera de el rango de la formación normal de vidrio.
- nuevas fases cristalinas de nuevos sólidos no cristalinos.
- mejores productos de vidrio de propiedades especiales de gel.
- productos especiales tales como películas.

La reducción de los costos que es posible por la menor temperatura que se necesita en un método sol-gel es insignificante por el alto costo del método en su totalidad. Para productos que se producen en serie, tales como vidrio plano, contenedores y fibras comunes es improbable que los métodos sol-gel sean competitivos. Las ventajas potenciales caen en la posibilidad que nuevos sólidos no cristalinos puedan prepararse y en las propiedades únicas de los gels en sí.

Las ventajas potenciales del método sol-gel para productos de vidrio son explotables probablemente para artículos de especialidad y para fabricaciones especiales en donde los costos sean relativamente poco importantes.

Es probable que esos altos costos decrecerán con aplicaciones más amplias.

Otra ventaja posible de el método sol-gel es la mejor homogeneidad aparentemente posible por ejemplo en el caso del Niobato de tantalio de potasio, comúnmente conocido como KTN. En el caso de KTN, el alcance sol-gel tiene

obvias ventajas. Se puede empezar con los líquidos alóxicos, Ta(OR)₅ y Nb(OR)₅ y mezclarlos con una solución de K(OR) en MeOH o EtOH. En una solución fluida la mezcla es fácil y las moléculas individuales de Ta(OR)₅ puede mezclarse íntimamente con moléculas individuales de Nb(OR)₅. Después de la hidrólisis y polimerización, se forma un gel. El gel puede desecarse por un tratamiento de calor y a temperaturas de tan bajas como 700 o C la cristalización toma lugar.

Las desventajas del método sol-gel son:

- alto costo de los materiales en bruto <el sol gel cuesta 85 % más que el vidrio sosa-cal>
- alto encogimiento durante el proceso
- finos poros residuales
- hidroxilo residual
- carbón residual
- riesgos de salud por soluciones residuales
- tiempos largos de procesamiento

Las desventajas más serias son el alto encogimiento del sol y el gel durante la solidificación y los largos tiempos de procesamiento generalmente considerados necesarios.

Los métodos sol-gel han sido usados para preparar ambos vidrio y fibras cerámicas policristalinas. Las fibras de SiO₂ de alta pureza han sido preparadas con una técnica sol-gel. La técnica de revestimiento por sumergimiento ha sido aplicada satisfactoriamente en la formación de muchas películas de óxidos delgadas en sustratos de vidrio.

>> procesos de vidrios de color

Los vidrios de colores se fabrican ya sea bajo condiciones de oxidación o de reducción y en el caso del anterior, el color obtenido por varios óxidos corresponde a esos de los cristales en sus soluciones.

Cuando se hace una mezcla bajo condiciones de reducción o desoxidación, se obtienen colores completamente diferentes y estos se deben a la presencia de partículas discretas del metal concierne, dispersas en la matriz gaseada.

Las terceras series importantes de vidrios coloreados son esas obtenidas de ciertos elementos no metálicos tales como carbón, azufre y selenio y en estos casos es posible que los compuestos químicos son de hecho formados dentro del vidrio. Los colores de tales vidrios son casi siempre dependientes de el tratamiento de calor subsiguiente a la manufactura. Un ejemplo importante de esto es la familia de azufre de cadmio selenio en donde el color se debe a los cristales de sulfoseleniuro - cádmicos. Una gran rango de colores que varían del amarillo al rojo intenso se pueden obtener por medio de variar el tratamiento de calor del vidrio el cual tiene un color de paja pálido cuando se manufactura , y el color preciso depende del tiempo y la temperatura del tratamiento de calor.

Los vidrios de colores normalmente se producen por el método continuo aunque pequeñas cantidades pueden manufacturarse en hornos de crisoles o en tanques pequeños. El método del cilindro se emplea casi siempre para vidrios con una base incolora cubiertos con una capa delgada de un material intensamente coloreado.

El vidrio como se sabe deriva su color por razones de su selectiva absorción de luz, por lo que por ejemplo un vidrio azul o violeta es prácticamente opaco a los rayos rojos y un vidrio rojo es opaco al azul, verde y violeta.

[vidrios opalinos

Un grupo de vidrios que se pueden ver como de un particular significado moderno son los opalinos, vidrios que van de la opacidad completa a varios grados de translucidez. Los opalinos translúcidos se usan principalmente para propósitos de iluminación y pueden ser opalinos de crisol, es decir, del mismo vidrio en todas partes u opalinos de incidencia en cuyo caso una o más capas del opalino son enviadas a gran celeridad sobre una base de vidrio transparente. El opalino de crisol, blanco o pinto se hace en cilindros, esferas o formas especiales para adaptaciones de alumbrado por soplado en un molde.

El vidrio escarchado para focos... se prepara de vidrio transparente por medio de un tratamiento ácido, usualmente con una mezcla de ácido fluorhídrico y potasio o fluoruro de amonio. Se pueden obtener varios tipos de superficies variando los ingredientes del baño para grabar, o del tiempo de contacto con el vidrio. Un método alternativo de escarchado, usado principalmente en la decoración del vidrio, es por esmerilado por chorro de arena.

El opalino de emulsión... se obtiene por la incorporación de fosfato de calcio en el vidrio. Bajo condiciones adecuadas el fosfato de calcio se separa en la forma de partículas esféricas miniatura dispersas uniformemente en la matriz gaseada. Ya que los índices de refracción de las partículas en la matriz difieren, el vidrio resultante tiene propiedades difusoras.

Actualmente los vidrios opalinos usualmente se obtienen de mezclas que contienen flúor de los cuales se precipitan partículas cristalinas de fluoruros de bajo índice de refracción, en todo el vidrio. De cualquier forma las partículas cristalinas no vuelven al vidrio irregularmente vídrioso.

>> procesos de vidrio de seguridad

[vidrio alambrado

Es un vidrio rolado en el cual se inserta una malla de alambre durante el proceso de manufactura. En un principio se pensó que el vidrio alambrado era análogo al concreto armado, pero en la luz de experiencias posteriores debe verse, no como un vidrio reforzado, sino como un vidrio más seguro.

Los Pilkington Brothers produjeron un vidrio alambrado con un alambre muy fino y con huecos más grandes de una red soldada eléctricamente. Este vidrio está disponible pulido o sin pulir. El primero, es desbastado y pulido de un vidrio rolado de suficiente espesor que permita esto. El vidrio alambrado con una malla unida eléctricamente es muy atractivo y ha sido usado con efectos arquitectónicos en edificios de todo tipo. La belleza de este vidrio, en parte se deriva de el juego de luz en los alambres embebidos.

El valor práctico del vidrio alambrado es que, mientras puede romperse por un fuerte sople de aire o por fuego como el vidrio ordinario, no cae en pedazos cuando se rompe, sino que es sostenido por la tela de alambre. La incorporación de la tela de alambre en el vidrio alambrado se lleva a cabo en varias formas. En un proceso, dos listones de vidrio convergen y encuentran la red de alambre que es alimentada entre ellos, se aplica presión con rodillos a las caras exteriores de los listones para que se unan con el alambrado embebido entre ellos.

[vidrio laminado de seguridad

Consiste en dos o más pedazos de vidrio firmemente unido a y alternando con una o más piezas de material reforzante, conocido como la intercapa o interhoja. La fractura no provocará que el vidrio se separe de la intercapa en ningún grado, y en general el vidrio no se romperá en grandes fragmentos capaces de provocar daño severo.

Actualmente se usan plásticos de tipo vinil como la resina de polivinil butiral ya que este plástico se estira a tensiones relativamente bajas hasta alcanzar su límite elástico y mantiene sus propiedades de seguridad a temperaturas abajo de 0 o C. Se mantiene claro e incoloro en cualquier condición en que se use, no lo afecta la luz solar y no requieren protección a la humedad, y no necesita adhesivos o compuestos resistentes al agua en su manufactura. Los viniles no requieren un adhesivo para aplicarse a las superficies del vidrio a ser unidas.

El plástico y el vidrio son ensablados en cuartos con aire acondicionado, así excluyendo polvo y humedad, el ensamble es calentado (para sellar los bordes) y pasado entre rodillos y la adhesión final se lleva a cabo por la aplicación de calor y presión en un recipiente de cierre hermético, todo esto con el fin de llevar toda la intercapa a un contacto íntimo, después de lo cual se pueden sellar los bordes de este emparedado con algún compuesto resistente al agua, y siendo 50 de 100 vidrios tratados simultáneamente. Las aristas de el panel laminado son desbastadas y si es necesario, pulidas.

En adición a los tipos normales planos, el vidrio laminado de seguridad puede obtenerse en una amplia variedad de formas curvas.

El espesor del vidrio laminado puede incrementarse por el uso de más de dos componentes de vidrio o por el uso de un vidrio más grueso o por ambos.

Otra variedad de este vidrio laminado es el que se conoce como Tri-Flex. Tiene una intercapa extra gruesa, que se deja que salga más allá de las aristas del vidrio. Esta capa que sobresale forma un método conveniente de fijarlo ya que puede ser perforado y atornillado. El uso principal de tri flex es para ventanas de aeronaves pero también es usado en cajas de seguridad antirrobo y en cajas fuertes que requieran ventanas. La intercapa del vidrio puede colorearse o tratarse con pigmentos, dando así, una gama de vidrios de colores, ya sea transparentes, translúcidos u opacos.

[vidrio templado

Es un vidrio que ha sido convertido a vidrio de seguridad por medio de un proceso de calentado y rápido enfriamiento para que, si se fractura, se desintegre en pequeños pedazos con aristas romas. Tal vidrio es mucho más resistente tanto al impacto y choque térmico que el vidrio recocido y los fragmentos, en la fractura son inofensivos.

>> proceso de vidrio con fibra de vidrio

Un vidrio interesante con propiedades de aislamiento de calor y sonido y difusor de luz se hace por medio de emparedar una capa de fibra de vidrio unida con plásticos dispersa lanamente entre dos piezas de hojas de vidrio ordinario. Las aristas de la hoja se sellan en contra de la penetración de la humedad.

>> procesos para vidrio laminado con figuras

En la manufactura del vidrio decorado, el vidrio fundido fluye sobre el borde del horno y pasa entre dos rodillos metálicos en los que se ha grabado o troquelado cierto dibujo. Los rodillos forman el vidrio y le imprimen el dibujo en una sola operación. Variando la superficie de los rodillos, se puede dar una textura diferente a la superficie de

la hoja de vidrio, lo que varía el grado de la transparencia obtenida. Los patrones varían de lo que es un poco más de una pequeña irregularidad en la superficie a unos patrones profundos y formales en donde se obtiene una completa obscuridad de visión.

La característica más importante en el rolado de figuras en la difusión de la luz. Un patrón que consiste en un número de prismas difunde la luz en todas direcciones, dando así casi una iluminación de sobre y la completa obscuridad de visión.

>> procesos para vidrios especiales

[vidrio de sílice fundido

Este vidrio es manufacturado mediante la pirólisis de alta temperatura en fase vapor del tetracloruro de silicio. Este tipo de proceso se presenta naturalmente para un control que permite una SiO_2 químicamente pura. La sílice cruda producida de esta manera se encuentra en forma de placas o de peras. La alta temperatura de la reacción tiende a extraer los contaminantes no deseados, dejando en la sílice fundida impurezas del orden de una parte en 100 millones.

[vidrio rico en sílice

Es un vidrio que se acerca a la sílice fundida. Por su composición y propiedades se ha logrado el evitar las limitaciones anteriores en la fusión y en el formado. Algunas composiciones de vidrios de borosilicato con un contenido de sílice de alrededor de 75 % se emplean en las primeras etapas del proceso, en las que los vidrios se funden y moldean. Después del enfriamiento, los artículos se someten a un tratamiento de calor y templado, lo que separa al vidrio en dos fases. Una de estas fases es tan rica en óxido bórico y alcalinos que se disuelve de inmediato en soluciones de ácido caliente, mientras que la otra es rica en sílice y, por lo tanto, insoluble en estas soluciones. El artículo de vidrio se sumerge en un baño de ácido clorhídrico al 10 % (98 ° C) durante el tiempo suficiente para permitir que la fase soluble sea virtualmente lixiviada en su totalidad. Se lava perfectamente para eliminar cualquier traza de la fase soluble, así como las impurezas, y se somete a otro tratamiento por calor que sirve para deshidratarlo y para convertir la estructura de las celdas en la de un vidrio vítreo no poroso. En el curso de estos procesos, el vidrio sufre un encogimiento en sus dimensiones lineales que alcanza el 14 % de su tamaño original. Este método de manufactura del vidrio da un producto que puede calentarse hasta el rojo cereza y sumergirse después en agua helada sin ningún efecto adverso.

184

>> procesos para vidrios con capas conductoras

Las capas conductoras pegadas a las superficies del vidrio incluyen tanto capas metálicas y no metálicas. Paneles y otras formas de vidrio así tratados han sido desarrolladas como unidades de calentamiento.

Un tipo de panel se fabrica por medio de rociar aluminio u otro metal en la superficie de un vidrio rolado a temperaturas elevadas. A esta capa usualmente se le da la forma de retícula para incrementar la resistencia entre las terminales y así permitir que la unidad sea conectada a circuitos domésticos de abastecimiento. Estos paneles son adecuados para el calentamiento auxiliar de viviendas, pero las temperaturas de operación permitidas no son lo suficientemente altas para permitir su uso en aplicaciones de calefacción industrial general.

Otro tipo de panel se produce por rociamiento de soluciones en las superficies del vidrio que se mantienen a altas temperaturas para formar capas óxido metálicas. Estas capas conductoras tienen valores más altos de resistividad de superficie, usualmente entre 10 y 100 ohms por cuadro por lo que no se requiere el arreglo de la retícula.

>> preparación de películas inorgánicas

Si una película sólida es amorfa debe nombrarse como película de vidrio. Esencialmente todos los materiales que pueden depositarse molécula por molécula pueden hacerse en una película de vidrio.

Las propiedades de las películas de vidrio son grandemente afectadas por los métodos de preparación, por las técnicas y condiciones. Si una película está soportada en o unida a un sustrato, debe considerarse la posibilidad de reacción con este sustrato.

Hay tres métodos de deposición: evaporación, chisporroteo y pirólisis química.

[evaporación

Básicamente lo que implica este proceso es el hervido del material y su condensación en el sustrato deseado.

['chisporroteo

Es una técnica de vacío. La presión es mantenida a un valor selecto por derramamiento de gas, que puede ser argón. Con la aplicación de un alto voltaje, se forman iones positivos en la fase del gas, la cual impide por el campo, bombardea al cátodo. Como resultado los átomos del material del cátodo son expulsados lo que cubre al aparato y a los sustratos que se encuentran en él.

Se han preparado, por chisporroteo reactivo, películas de vidrios de diferentes sistemas de óxidos, tales como SiO_2 , Al_2O_3 - SiO_2 y SnO_2 .

[deposición de vapor químico

Los dos métodos anteriores pueden llamarse métodos de bajas temperaturas ya que el sustrato puede mantenerse a temperatura ambiente o abajo.

En la deposición de vapor químico se necesita una alta temperatura de sustrato para descomponer a los reactivos de la fase del gas. La técnica es muy útil para preparar formulaciones complejas con relativa facilidad y no se necesita equipo de vacío.

Las películas de vidrio de mayor interés actualmente en la microelectrónica son probablemente SiO₂, Ta₂O₅, SiO₂ y Si₃N₄. Las películas de SiO se preparan por evaporación y se usan como películas dieléctricas en capacitores.

Las películas de SiO₂ son extremadamente importantes en la tecnología de artefactos de silicio (transistores etc. En la práctica son casi siempre producidos por oxidación térmica de silicio o por pirólisis de un órgano silano. Las propiedades únicas de los vidrios las hace esenciales para ciertas aplicaciones. Especialmente importantes son los hechos de que no tienen fronteras de granos y son isotrópicos. Así las películas de silicio son usadas como barreras de difusión para mantener al agua y a los contaminantes iónicos fuera de las juntas. Pueden grabarse al agua fuerte bien predeciblemente y en combinación con técnicas fotoresistivas pueden dimensionarse con precisión y establecerse.

>> tolerancias de manufactura en el diseño del vidrio

El control de tolerancias dimensionales en la fabricación del vidrio no es un problema simple. En las operaciones de prensado y soplado, el vidrio entra en el molde de hierro o acero con temperaturas incandescentes que corresponden a su estado de fluidez. El vidrio debe rigidizarse, es decir que debe volverse virtualmente sólido a través del enfriamiento antes de que deje el molde. Por el otro lado, la temperatura del molde debe elevarse ya que la temperatura del vidrio es absorbida, y así el molde se expande. Las medidas exactas de los artículos de vidrio prensado muestran que sus dimensiones responden perceptiblemente a tales factores como la temperatura del vidrio al cargarse, las condiciones de enfriamiento de los moldes y la regulación del tiempo del ciclo de prensado. En adición, los moldes de forma irregular, tales como los moldes abiertos, tienden a torcerse un poco por diferenciales de temperatura a todo lo largo del cuerpo del molde. Algunos moldes se combarán un poco bajo la presión hidrostática del vidrio durante la operación de prensado.

Las temperaturas de operación de los moldes son tales que las superficies del metal en contacto con el vidrio se oxidarán. Esta capa de óxido debe removerse por un proceso de limpieza a intervalos durante las operaciones. Esto alarga la cavidad del molde y se conoce como " el uso del molde ". Cuando este uso excede un valor, determinado en parte por las tolerancias dimensionales especificadas para el artículo de vidrio producido en ellos, los moldes deben ser reemplazados por moldes nuevos. Algunas veces es practicable el remaquinar ciertos tipos de moldes a su tamaño original.

En las operaciones de estirado, las dimensiones finales de los productos, tales como discos en hojas y tubos, se establecen mientras el vidrio es atenuado en el espacio libre, y cuando no toca ninguna herramienta de formado o dado. Las tolerancias dimensionales se mantienen sólo como resultado del control justo de un número de condiciones que afectan las dimensiones.

En los artículos prensados, ciertas dimensiones como el grosor de el fondo del artículo, dependen del peso del vidrio caliente alimentado en el molde y, cuando se usa más de un molde, también dependen de las diferencias en los volúmenes de las cavidades de los diferentes moldes del juego.

Las proporciones del diseño, los ángulos de las formas cónicas, los largos de los radios y las tolerancias dimensionales representativas del buen diseño de artículos prensados están listados en la tabla. El número aproximado de piezas requeridas para la producción económica también se incluye.

El diseño de artículos prensados frecuentemente incluye hoyos. No es bueno el querer formar estos hoyos directamente en las operaciones de prensado, por lo que debe añadirse una operación para formar los barrenos. Para ello, durante el prensado se prepara el artículo, marcando el lugar y haciendo una pequeña impresión en el mismo. Después estos barrenos se terminan por desbastado o barrenado. Un tercer método adecuado para barrenos relativamente pequeños consiste en quemarlos a través del vidrio con una flama de gas y luego formandolos al tamaño con un punzón de metal.

Para las tolerancias dimensionales en el vidrio plano o en hojas, algunos productores recomiendan + - 0.15 mm para todos los espesores.

>>operaciones secundarias o de acabado a los procesos en general

Cuando los vidrios dejan el horno de recocido después de ser fabricados en el tanque de fundición, puede ser que requieran una o más de las operaciones secundarias o de acabado, antes de que el artículo esté terminado completamente.

Los productos fabricados en un método continuo, tales como estirado o rolado, deben dividirse en tamaños

manejables. Otro tipo de artículos pueden requerir de desbastado o una operación de fabricación posterior. Algunos artículos pueden requerir de un control dimensional al ser reformados, como el curvado del vidrio o tubos de vidrio. El control del calibre se requiere en algunos artículos; esto requiere remoción de material por desbastado mecánico, pero el material también puede removerse por soluciones químicas o por vaporización térmica. También se puede añadir material con rociado a la flama o por deposición de vapor.

Los tratamientos de calor para controlar la distribución de los esfuerzos pueden ser una parte esencial de una fabricación secundaria por trabajo térmico.

Las personas que realizan estas operaciones secundarias deben tener cuidado de los cambios en el carácter que puede traer el calentar un artículo: densidad de la masa y homogeneidad de la densidad; separación de fase - gaseada, cristalina y gaseosa; y alteraciones de la composición de la superficie, estructura, esfuerzos y textura. Las propiedades relacionadas con la densidad y la microestructura serán afectadas.

El reparado del daño de operaciones anteriores incluye tales operaciones como pulido por fuego, siguiendo el corte o serrado; suavizado de rasguños, hoyos u otros defectos de la superficie por medio de calor o alternativamente por pulido con ácido o pulido mecánico; o limpieza por detergentes y solventes o por calentado.

Las modificaciones de las superficies para decorarlas, para marcarlas con información, para alterar sus propiedades u otros propósitos tecnológicos son importantes para aplicaciones ópticas, eléctricas, mecánicas y de hecho para casi todas las aplicaciones.

Son de gran importancia para casi todas las aplicaciones el unir y ensamblado de artículos primarios de vidrio a otros vidrios, metales, cerámicas o polímeros. Los contenedores necesitan una tapa. El vidrio plano tiene que ser ensamblado en un edificio, vehículo, mueble y es laminado con polímeros para hacer vidrio de seguridad. Las fibras de vidrio deben ser cubiertas con películas protectoras inmediatamente después del formado y luego tienen que formarse en textiles, refuerzos o productos aislantes.

La producción de vidrios para propósitos funcionales cae en la modificación de la superficie y unión.

Algunas veces los artículos son transportados a otra planta para completar su manufactura, etc.

Es digno de notarse cómo la producción en masa sigue el desarrollo inicial de artistas, artesanos y científicos.

[recortado o separado

El vidrio en hojas y el vidrio roloado son marcados con una pequeña rueda de corte o con un diamante de corte y después se rompen a lo largo de la marca en tamaños manejables conforme van saliendo del horno. En el caso del vidrio roloado, que se piensa pulir, las placas se cortan en el horno y pasan a las máquinas de desbastado para el siguiente acabado. Los tubos de vidrio también se mediocortan conforme van dejando la línea transportadora después de ser estirados. Después se marca alrededor de la circunferencia y se separa por fuerzas aplicadas ya sea mecánicamente o por una rápida aplicación de calor.

Otro método es el calentar una banda angosta o tira alrededor del diámetro por medio de un gran número de flamas afiladas puestas en línea o con un alambre de calentamiento eléctrico. El rápido congelamiento de esta banda con agua provocará que el tubo se rompa en el lugar de la banda calentada.

[desbastado

Esta operación es ampliamente usada en muchas ramas de la industria. La acción de el desbastado es provocada por granos de forma irregular de abrasivo que se acufan entre la superficie de un cuerpo en movimiento y la superficie del vidrio. Esta última es molida por la alta presión desarrollada por algunos de los puntos que se proyectan en el grano abrasivo los cuales producen un pequeño craquelado en el vidrio. Conforme esta operación continúa, la superficie completa se cubre con series interconectadas de cuadros, por lo que la formación de nuevos puntos de presión remueven partículas de vidrio y dejan una superficie rota e irregular en el vidrio que aún está cubierto con pequeños cuadros. El tamaño de estas irregularidades y la profundidad de los cuadros depende del tamaño de los granos del abrasivo y de su poder de molienda.

Se usa agua o un líquido adecuado para cortar en el molimento para incrementar la rata de molimento, para prevenir el sobrecalentamiento del vidrio, y con ruedas de molienda para prevenir el vidriado de la superficie abrasiva.

- molinos.... Se alimentan grandes platos horizontales giratorios de acero con granos de abrasivo sueltos, tales como carburo de silicio y agua. La superficie del vidrio a ser molida se coloca en el molino y se rota lentamente sobre él

- abrasión.... Para vidrios ópticos y vidrio plano.

- ruedas impropiedades de diamante.... Se usan extensamente en el maquinado del vidrio, ruedas de metal, sierras y taladros trepanadores con granos de diamante encastrados en sus superficies. Las dimensiones se pueden obtener más precisamente con estas herramientas, se forman superficies más limpias y se pueden obtener altas velocidades de molienda, por lo que su alto costo es justificable para muchos tipos de operaciones.

- ruedas de grabado de cobre.... Uno de los métodos de grabar vidrio artístico es con una rueda de cobre alimentada con abrasivo suelto y con agua. Este método produce trabajo de alta calidad y acabado.

- cortado.... el vidrio de corta fundamentalmente por medios mecánicos.
- chorro de arena

El esmerilado por chorro de arena es utilizado para producir una superficie difusora en los artículos de vidrio. Enmascarando áreas de la superficie, se producen efectos decorativos. Cuando esta operación se lleva más allá, se pueden cortar canales y se pueden perforar hoyos a través de el vidrio.

[pulido

Esta operación se lleva a cabo en una forma generalmente similar a el desbastado. El material pulidor usado es rouge < óxido de hierro > u óxido de cerio, ambos materiales en polvo. El material pulidor se aplica por medio de un pulidor rotativo, que puede ser de piel, fieltro, metal de plomo, cobre o brea. La acción de pulido remueve muy poco vidrio.

- pulimento por ácidos.... se lleva a cabo por sumergir el vidrio en una mezcla de ácidos fluorhídricos y sulfúricos concentrados. El pulido por fuego se lleva a cabo dirigiendo las flamas en la superficie del vidrio.

[procesos de calor

Implican el recalentado del vidrio a una temperatura que permite algún grado de fluidez. Estas operaciones pueden llevarse a cabo en hornos o estufas con llamas abiertas o con corrientes eléctricas.

- doblado y pandeado Cuando se lleva a cabo en vidrio plano, la hoja o placa se coloca sobre un molde de metal o de material refractario. Esta forma se coloca en un horno y se calienta hasta que el vidrio se amolde a la forma del molde. El vidrio es entonces enfriado lentamente para permitir el recocido.

- sellado por fusión.... Las partes de vidrio son comunmente unidas por sellos de fusión. Las puntas a ser unidas se llevan al punto de fusión con quemadores de gas. Las dos puntas son prensadas entonces, y el selo es trabajado por soplado y estirado y algunas veces es suavizado con grafito o con paños de madera hasta que se le da la forma deseada. Los artículos que son muy grandes se unen en tomos de sellado en los cuales ambas cabezas rotan en sincronía. Frecuentemente se usan quemadores de anillo de diámetro adecuado para calentar el vidrio, particularmente de sección gruesa.

Actualmente son utilizados los métodos eléctricos para sellar y para otras operaciones secundarias de formado. Los extremos a unir son calentados en un torno con quemadores de gas hasta que la conductividad de el vidrio se vuelve lo suficientemente alta para permitir la fluidez de la corriente eléctrica dentro de el cuerpo de vidrio. Después se golpea un arco eléctrico al vidrio para que las pérdidas eléctricas en el material lo eleven a su temperatura de fusión. El arco se mantiene por unos segundos después de que las partes están unidas, pero luego es apagado y la unión es manipulada en la manera ordinaria. No sólo las uniones de sección gruesa son hechas más satisfactoriamente de esta forma que con un quemador de gas sino que también esas de forma irregular.

- encogimiento.... El proceso de producir dimensiones exactas de calibre en los tubos se llama 'encogimiento'. Un mandril de aleación de acero se maquina a la forma y dimensiones de el calibre deseado, con tolerancia para ratas de expansión lineal en ambos, el acero y el vidrio. El tubo de vidrio a ser encogido se coloca sobre el mandril, se calienta hasta que está lo suficientemente suave para fluir y luego se colapsa en el mandril por medio de evacuar el espacio anular entre el tubo y el mandril. Al enfriar, el mandril se retrae. Se pueden lograr tolerancias dimensionales internas del orden de miles de pulgada o menos con este proceso.

- pulimento por fuego.... para los bordes de los vasos, tubos de ensayo, vidrio flotado. Se lleva a cabo por medios térmicos.

- re: recocido.... después del trabajo del soplado de tubos de laboratorio o para elementos ópticos; por medios térmicos.

- templado.... El congelado de las superficies de vidrio se logra con ráfagas de aire, aceites o sales fundidas. Este proceso se usa para vidrio plano, en espesores de 6 mm o más, para vidrios planos indicadores de nivel de líquidos, para tubería industrial, para ciertos tipos de platos para cocinar y objetos de mesa y para muchos otros artículos. Este proceso no puede aplicarse a todo tipo de formas de artículos o a secciones que sean menos de 2.5 mm, si es que se requieren esfuerzos residuales.

[tratamientos químicos

El ácido fluorhídrico es usado para grabar las graduaciones de artículos volumétricos para laboratorio. El vidrio es cubierto con una cera resistente al ácido, se cortan las líneas a través de la cera con un punzón y luego se lleva a cabo la operación de grabado. Se utiliza para artículos de laboratorio y vidrio cortado.

- soluciones selectivas.... Se usan para blanquear a los vidrios y vidrios cerámicos que se puedan decolorar.

- esmerilado por pegamento.... Para escarchado; por medios mecánicos y químicos.

- coloreado.... Las superficies de vidrio son algunas veces coloreadas con cobre o plata a temperaturas elevadas. El cobre rojo se usa para el marcado permanente de graduaciones de artículos volumétricos para laboratorio, y también para artículos de acrílico bajo para prevenir la transmisión de radiaciones de cerca del ultravioleta.

[cobertura de superficies

- esmaltes vitreos.... Se pueden producir colores translúcidos en la superficie del vidrio con esmaltes vitreos, los cuales son quemados a altas temperaturas. Los esmaltes se usan para propósitos funcionales y decorativos en artículos de iluminación y para graduaciones de otros marcados significativos en muchos artículos. Los esmaltes pueden aplicarse por rociado o por serigrafía o con procesos de calcomanías.

- coberturas metálicas.... Una de estas coberturas es una cobertura rociada principalmente de óxido de estaño, la cual forma una película iridescente en el vidrio. Tales capas: conducen la electricidad, reflejan los rayos infrarrojos más largos y tienen una más alta resistencia a las soluciones alcalinas que los vidrios sin estas capas. El metal también puede ser rociado en las superficies calientes del vidrio, con lo que forman una capa adherente. Las coberturas de metal son algunas veces evaporadas en las superficies del vidrio, en donde sirven como reflectores en algunos tipos de lámparas y como conductores eléctricos de unidades de resistencias.

Los metales como platino, plata y paladio pueden aplicarse al vidrio como compuestos en suspensiones de líquidos o pastas y luego son quemados en el vidrio a altas temperaturas. Las uniones hechas por medio de soldar cerraduras metálicas a bandas metálicas de este tipo constituyen sellos herméticamente cerrados. Se pueden aplicar circuitos eléctricos en las superficies del vidrio de esta forma. Los espejos se cubren con nitrato de plata, el cual es reducido a metal de plata por la acción de la glucoasa. La adherencia de la plata puede mejorarse con el enjuagar a la superficie del vidrio con una solución de cloruro estano.

- lacas.... Pueden aplicarse al vidrio para efectos decorativos o para otras aplicaciones en donde no se requiera mucha permanencia de las mismas. Las lacas de algunos tipos de flocos decorativos son ejemplos de esto. Las lacas se usan por ejemplo para proteger las capas de plata de los espejos.

[coberturas adhesivas

Lo son las resinas polivinil butiral para los vidrios de seguridad laminados y las resinas usadas para reforzar la fibra de vidrio. Las combinaciones de adhesivos y vidrio incrementan su importancia a diario y seguirán haciéndolo. Una reciente aplicación implica el armado de tubos industriales de vidrio con un compuesto cobertor de cinta de fibra de vidrio y de resina epóxica.

Debe notarse que muchos adhesivos tienden al volverse muy duros cuando se secan o se homean y pueden provocar esfuerzos indeseables o peligrosos cuando se aplican al vidrio. En tales casos, es esencial el añadir un plastificador adecuado. El proceso de descarpelado del pegamento es un buen ejemplo de el efecto destructivo de adhesivos inadecuados en las superficies del vidrio.

[prensado

De aumentos de lentes por medios térmicos y mecánicos.

[re estirado

De tubos de precisión, de fibras a partir de canicas, de fibras ópticas. Se hace por medios térmicos.

[barrenado

De barrenos para una fijación posterior. Se hace por medios mecánicos.

[biselado

Para lentes y espejos. Se utilizan medios mecánicos.

[limpieza

De las superficies para artículos de laboratorio y para substratos por medios químicos, térmicos, etc.

[cambio de composición

De alcalinización de vidrios NaCa con durabilidad química reforzada. Se realiza por medios térmicos y químicos.

[Cambios microestructurales

- separación de fase.... precede al filtrado o ceramizado. Se hace por medios térmicos.

- filtrado.... para vidrios porosos, por medios químicos.

- rehervido de burbujas.... defectos corregibles por medios térmicos.

[**envoltura**

- con vidrio.... para artículos de iluminación o para artículos de mesa; se realiza por medios térmicos
- con polímeros.... para contenedores de bebidas; se realiza por medios térmicos y químicos.

[**ensambles**

- de pestañas.... en tubos industriales; se hace por medios mecánicos.

[**uniones de vidrio con metales, con vidrios, con cerámica**

- fundido.... lámparas, electrónicos, cerraduras herméticas, sellos graduados.
- soldado.... de bloques de vidrio, ventanas dobles; por medios térmicos.
- pegado.... cemento con vidrio o vidrio cerámico; por medios térmicos para tubos de televisión; y cemento con orgánicos para instalación de ventanas o para reparaciones.

>> maquinado del vidrio

Maquinar al vidrio significa prepararlo, o terminarlo por medio de aparatos como taladros, etc.

El vidrio puede maquinarse fácilmente bajo las siguientes condiciones:

- 1 no hay que preocuparse por el rompimiento del vidrio; se maquina muy fácilmente.
- 2 no hay que considerar el uso de herramientas de puntas simples o múltiples como en el desbastado, pulimento o barrenado. El uso del torno no se recomienda.
- 3 usar siempre un enfriador para prevenir la formación de cuarteaduras debidas al calor. El agua con o sin aceite soluble es generalmente una opción excelente.
- 4 si el enfriador se recircula, hay que remover el vidrio molido.
- 5 proteger las superficies críticas de la máquina, ya que el vidrio molido es abrasivo.
- 6 no esperar la misma rata de remoción, costo por unidad o acabado de la superficie en todos los vidrios.

El desbastado, labrado, barrenado y serrado son los métodos comunes del maquinado del vidrio.

[abrasivos

Los abrasivos son usados en tres formas - sueltos, ligados o cubiertos.

- sueltos..... esta es la forma más común y se usa más comúnmente con una herramienta, como hierro colado y con aire < desbastado con chorro de arena > y fieltro o hule.

- ligados..... los abrasivos ligados < muelas > son fáciles de usar, son baratos y se pueden obtener en un gran número de materiales, formas, y tamaños de grano. El diamante es un material popular, aunque el carburo de silicio y el óxido de aluminio se usan en muchos casos. Como hay muchos productos ligados accesibles para el vidrio, probablemente eliminen muchos procesos que ahora dependen de los abrasivos sueltos.

- cubiertos..... no se han usado ampliamente en la industria del vidrio. El papel de lija es un buen ejemplo de este tipo de productos.

Hay otros abrasivos, como el esmeril que se usa en cierto grado.

[desbastado

Es una operación en la que se remueven grandes cantidades de vidrio para: eliminar defectos de superficie, satisfacer especificaciones dimensionales o para generar formas especiales. Cualquiera maquinaria que usa abrasivos sueltos, ligados o cubiertos pueden usarse para desbastar al vidrio. Esto quiere decir que se puede usar equipo como los desbastadores horizontales y verticales, máquinas de labrado y de asentado y máquinas que usan banxias de cubiertos con abrasivo.

[labrado

Se usan abrasivos ya sea sueltos o ligados para remover pequeñas cantidades de material, para obtener dimensiones extremadamente precisas, o para producir superficies que pueden ser fácilmente pulidas. Se usan normalmente herramientas de hierro colado con carburo de silicio, óxido de aluminio o con granate.

[serrado

El vidrio puede serrarse fácilmente en formas usando métodos de sierras circulares, de banda, sierra para cortar metal y sierras de alambre. Las sierras circulares normalmente usan diamante ligado con metal. Las sierras de banda son diamantadas. Las sierras de metal usan diamantes unidos con metal o abrasivos sueltos. Las sierras de alambre normalmente usan arena suelta o carburo de silicio. Raramente se usa equipo estándar para trabajo de metal ya que la operación debe ser ejecutada en mojado y las sierras convencionales no trabajan. Se han desarrollado muchas máquinas especiales para serrar al vidrio, piedra, y cristal.

[barrenado

El método clásico para barrenar un hoyo en el vidrio es usar lima rotatoria de tres esquinas y keroseno. Este método sirve, pero es lento y tosco. Para hacer hoyos en el vidrio se pueden usar:

tubos de bronce rotando en un rebajador de agua y abrasivos sueltos, taladros de diamante ligados con metal y máquinas ultrasónicas.

[pulido

El propósito principal del pulido es el restaurar la brillantez o transparencia a una superficie desbastada. Los pulidores de mejor calidad se encuentran generalmente en partes ópticas. Se usan normalmente como herramientas, lana, plástico y betún con óxido de cerio, óxido de hierro y óxido de zirconio como compuestos de pulido.

El pulido es un proceso por medio del cual ocurren ambos: remoción de vidrio y fluidez del mismo. Hay también

una interacción química entre el agua, el vidrio, el compuesto pulidor y la herramienta pulidora. La reacción química ocurre entre el vidrio, el rouge y el betún. El pulido se acelera con la presencia del agua, la cual se cree que hidroliza el vidrio.

La diferencia entre el desbastado y pulido es que el primer proceso la base al abrasivo es un material duro, como hierro, mientras que en el segundo es un material suave, como fleitro o betún. Por esto las partículas del polvo pulidor se funden en la base y aplanan la superficie del vidrio, cortando un espesor de sólo unas moléculas.

Durante el desbastado las partículas de abrasivo no rayan al vidrio, pero rompen pequeños pedazos del mismo para formar puntos.

Hay otros métodos de maquinado: rayado, trabajo de lámpara, doblado, grabado, esmerilado por chorro de arena y químico.

Aunque los primeros tres no remueven vidrio, se usan para hacer cambios drásticos en la forma de los artículos. Los últimos tres se consideran normalmente como métodos de decoración; de cualquier forma, ya que remueven un poco de vidrio, se considerarán como métodos de maquinado.

El rayado se logra con una rueda de acero, la cual se rueda a través de la superficie de la ventana de vidrio, haciendo un pequeño rasguño. El vidrio se rompe a lo largo de la marca. Se pueden hacer marcas tanto curvas como rectas, sujetas a la habilidad del operador. Las ruedas de carburo de tungsteno se pueden usar en lugar de ruedas de acero. Se pueden obtener mejores resultados si se usa un sólo punto de diamante.

Una técnica relacionada es el ranurado de cañas o tubos con una broca de tres esquinas y luego el corte del vidrio en ese punto. Los tubos también se pueden cortar por medio de marcar una raya alrededor de la circunferencia del vidrio. Una rápida aplicación de calor provoca que el vidrio se rompa a lo largo de la línea marcada. Otro método es el calentar una banda angosta de vidrio con unos quemadores en punta. Luego se enfría la banda con un objeto frío como un cuchillo y el vidrio se rompe a lo largo de la banda calentada.

El trabajo de lámpara es algo simple en principio, pero en realidad requiere una gran habilidad por parte del operador. Si se tiene una provisión de tubos y varillas de vidrio y un pequeño mechero de gas y aire, se tiene todo lo que se necesitaría para producir una gran variedad de objetos. Por medio de calentar el vidrio y de combinar esto con el estrado, soplado y otra variedad de operaciones, se pueden producir objetos incoloros o de color, como objetos de laboratorio y otras figuras.

El doblado es un método muy común en el formado del vidrio. Es un proceso en el cual el vidrio es calentado lentamente a una temperatura cerca del punto de ablandamiento en donde se dobla por la aceleración de la gravedad en un molde de alguna forma simple. Se hacen normalmente de esta forma: fuentes, ceniceros, vidrio para lámparas y parabrisas de coches.

El grabado y esmerilado se explican a continuación en los procesos decorativos del vidrio.

| vidrio laminado de seguridad

En adición a sus propiedades de seguridad, si se usa una intercapa gruesa de vinil, el vidrio puede reducir el nivel de ruido en un cuarto, 15 decibeles debajo del nivel que se puede obtener con el vidrio ordinario del mismo espesor.

La intercapa se seca antes de ponerla para reducir el contenido de humedad a menos de la mitad de uno por ciento.

La temperatura del cuarto se mantiene a 16 ° C para prevenir que las partes de la intercapa se peguen entre sí.

En el recipiente de cierre hermético la temperatura se eleva a 100 ° C. Después de la aplicación de calor y presión la intercapa transparente no tiene más de 0.4 mm de espesor. El enfriamiento subsecuente es lento para prevenir la fractura pero cuando el vidrio se remueve del cierre hermético ya está bien adherido y listo para usarse.

procesos decorativos del vidrio

>> decorado del vidrio con colores

| pintado

El verdadero pintado del vidrio se hace por colorear su superficie con las sales de algunos metales, los cuales se incorporarán al material mismo cuando el vidrio se quema a una temperatura suave. Comúnmente se emplean nitratos porque comparativamente se desbaratan más fácilmente comparados con los óxidos de los metales. Tal vez el mejor ejemplo del pintado del vidrio es la producción de colores que van de amarillos claros a dorados y cafés por medio de pintar al vidrio con nitrato de plata. El nitrato de cobalto puede usarse de la misma forma para producir azules de varias intensidades. Durante el quemado, el óxido de plata entra en el vidrio y lo penetra a una

profundidad pequeña pero apreciable, y la intensidad del color puede regularse por medio de aplicar diferentes cantidades de nitrato de plata en primer instancia. Este proceso de pintado difiere de los otros en que no se requiere ningún fundente. Las sales de los metales se mezclan con ócre o barro y se queman en la forma ordinaria. Estas sales metálicas imparten al vidrio su color característico en una película bien transparente.

[esmaltado

Los esmaltes son vidrios coloreados que han sido molidos hasta hacerlos polvo fino. Las composiciones de los esmaltes varían dependiendo de los fundentes y de los óxidos colorantes presentes en su manufactura. El vidrio en polvo puede ser todo de color o puede ser una mezcla de vidrio de color y vidrio sin color.

Los esmaltes se funden en hornos de crisoles elevados sobre el nivel del piso. El crisol tiene un agujero en el fondo que se obtura durante el proceso de fundido. Cuando se ha fundido todo el vidrio se remueve el tapón o en algunos casos el tapón está hecho de vidrio y se funde y el vidrio escurre del crisol en agua. Este vidrio es llamado frita de esmalte de vidrio. La frita es molida hasta hacer un polvo muy fino.

Los esmaltes para metales contienen grandes cantidades de plomo y potasio para facilitar el fundido a bajas temperaturas.

La industria de contenedores es la que más usa esmaltes, para etiquetar y para decorar, por ejemplo vasos para bebidas alcohólicas y para decorar vajillas. Estos esmaltes que se funden a bajas temperaturas pueden serigrafarse en el vidrio y quemarse en un horno de recocido, sin que se deforme el vidrio original sobre el que se pusieron. Estos esmaltes tienen un coeficiente de expansión menor que el del vidrio artístico.

Algunos esmaltes en especial, con coeficientes de expansión menores que el vidrio sobre el que se aplican se usan porque se encogen menos que el vidrio base, por lo que serán más durables, porque la superficie está bajo compresión. Es muy bueno que el artista ajuste los coeficientes de expansión del esmalte y vidrio base.

Los esmaltes pueden aplicarse al vidrio por medio de cinco métodos diferentes. Cada método produce una imagen diferente. Estas técnicas son tamizado, pintado, rociado, impresión y arrastre.

...tamizado

Produce bordes suaves, líneas irregulares y es una de las mejores formas para mezclar colores. El esmalte en polvo se coloca en un tamiz manual. Se le dan golpecitos a la coladera que se va moviendo sobre la superficie del vidrio. Esto se realiza sobre una plantilla colocada sobre la superficie del vidrio. La intensidad de los colores se controlan por medio del movimiento de la coladera y se combinan poniendo un color sobre otro.

Cuando se tamizan esmaltes secos sobre la superficie lisa del vidrio es fácil que se formen marcas por las plantillas por lo que se debe aplicar aceite antes de tamizar. Si se pone aceite de lavanda antes de tamizar se puede tener más control de línea y forma, aunque se pierde algo de las suaves cualidades asociadas con el tamizado.

Si se mueve el esmalte por el vidrio con la ayuda de una goma de borrar o con el dedo se provocará que el esmalte se junte en las orillas, las cuales se intensificarán al fundirse.

...pintado

El la manufactura de vidrio pintado para vitrales casi todos los colores se dan por medio de pintar con un pigmento compuesto de vidrio en polvo de un punto de ablandamiento menor que el de la base a la que se aplica. El vehículo de este pigmento puede ser ya sea una goma suave o una solución débil de vidrio-agua < silicato de sodio >. El vehículo es importante por sus propiedades de fluidez, de secado y de fundido. Algunos vehículos son a base de agua y otros a base de aceite y cuando se usan los dos en una misma pieza, el hecho de que no puedan mezclarse puede ayudar a tener un mejor control en el dibujo. Entre más finamente esté molido el esmalte más fácilmente podrá aplicarse con el pincel. Para superficies verticales lo mejor es el pintado con pincel.

La técnica de este pintado del vidrio es similar a esa de las acuarelas. El pigmento es eventualmente soldado sobre la base de vidrio. No penetra ni lo "mancha" y la superficie del vidrio después de ser quemada tiene una ligera aspereza que difunde la luz transmitida.

A los pigmentos del tipo ya descritos para pintar se les pueden dar varios grados de opacidad, que van de "ligeramente opacos" a "completamente opacos" por la introducción de materiales opacos finamente molidos, blancos o coloreados, tales como caolín fino, fosfato de calcio, óxido de estaño o la gran variedad de ócres. Los ócres dan tanto color como opacidad. El "opal total" puede llamarse esmalte en el sentido ordinario del término.

Los esmaltes contienen una cierta cantidad de químicos opacificadores, tales como zinc y estaño. Una fórmula típica es la que sigue: 60 partes de plomo rojo, 20 partes de borax fundido, 30 partes de silicio y 15 partes de óxido de zinc. Son tratados igual que los fundentes.

...rociado

El rociado de esmaltes de colores es común en el proceso de manufactura. Hay muchos medios de rociado posibles, cada uno con su propio carácter. Las propiedades importantes del rociado son su fuerza y su velocidad de secado. El pincel de aire es el método de aplicación más usado. La característica de los esmaltes aplicados

con pincel de aire son que son planos y opacos. El pincel de aire se usa sobre todo para sombrear. Los esmaltes rociados se aplican en capas delgadas y para sombrear no se aplican capas gruesas, sino que se cambia de color. Casi ningún esmalte transparente es lo suficientemente intenso para crear un cambio de tono si no se hacen diferencias radicales de espesor.

Casi todos los esmaltes deben molerse más antes de usarse en pinceles de aire. El molido puede hacerse por medio de añadir una pequeña cantidad de agua al esmalte y pulverizándolo sobre una placa de vidrio. Después debe de adelgazarse por medio de añadir alcohol y agua en una proporción de 1:2 hasta que la mezcla pase libremente a través del orificio del sifón.

... impresión

La impresión se realiza con esmaltes usando muchos de los procesos usados en la industria estampadora. Por ejemplo, el esmalte es roloado sobre un diseño grabado y después es impreso nuevamente contra la superficie de vidrio. La aplicación es delgada y debe hacerse con esmaltes opacos, los cuales alteran el carácter del vidrio. La serigrafía puede ser mucho más gruesa que la impresión y puede usarse para hacer placas de vidrio de un sólo color. El esmalte se funde en el horno de recocido.

... arrastre

El arrastre se hace con un punzón de vidrio. Se calienta un tubo de pyrex < de 9.5 mm por 15 cm > y se calienta en el centro con la flama de un mechero, estirando lentamente para hacer más angosta a la parte media. Se corta al vidrio por la mitad y se hacen dos tubos en forma de goteros. Se lima plana la punta y se le pone una goma de gotero, con un agujero de lado, en la otra punta.

Poniendo un dedo en el agujero de la goma se puede jalar esmalte al punzón. Cuando se quita el dedo de la goma el esmalte fluirá a una velocidad constante, controlada por la viscosidad del esmalte líquido y por el agujero del punzón.

Los esmaltes arrastrados deben dejarse secar lentamente antes de ser cubiertos con alguna placa de vidrio. El diseño arrastrado atraparé aire en donde haya formas cerradas por lo que este espacio con el diseño arrastrado puede quemarse hasta madurarse antes de ser cubierto con alguna placa de vidrio.

El arrastre es una buena técnica para aplicar esmaltes transparentes en capas gruesas, manteniendo control con líneas de 3 a 6 mm de espesor. Si se tuvieran que cubrir grandes áreas o si se van a usar muchos colores con este método, añadir una pequeña cantidad de goma arábiga al agua < 1:40 > antes de mezclar el esmalte. Hay que dejar que líneas de un color se sequen antes de aplicar otro color. Si se va a retener un área dentro de una línea arrastrada, puede hacerse sin miedo de que se salga de esa área.

193

~ fundición de los esmaltes

Los esmaltes para vidrios se clasifican en suaves o duros, dependiendo de la temperatura a la que maduran. Las temperaturas de fundición para los esmaltes suaves van de 522.4 a 642.4 ° C; las temperaturas para los esmaltes duros están entre 642.4 y 780 ° C. El vidrio base en donde se funden los esmaltes debe volverse químicamente activo para crear una unión permanente con el esmalte aplicado. El vidrio de ojo de buey se vuelve químicamente activo a 587.4 ° C, mientras que el vidrio flotado se vuelve activo a 697.4 ° C. Por lo tanto un esmalte suave no se adherirá tan bien al vidrio flotado como al vidrio ojo de buey. Pero un esmalte duro puede aplicarse al vidrio flotado y uno suave puede aplicarse sobre uno duro en una segunda fundición y no perderse.

Algunos esmaltes se ven vídriosos a 422.4 ° C pero todavía no están maduros, por lo que no debe confiarse en los indicadores visuales.

El trabajo de temperatura es más efectivo en madurar los esmaltes que la temperatura por sí sola. Los esmaltes suaves se funden mejor cuando se mantienen a 587.4 ° C por 15 minutos que cuando se funden rápidamente a 614.9 ° C.

Una cantidad excesiva de vehículo o el vehículo incorrecto puede ser la causa de burbujeado o achicharrado.

La sobrefundición puede provocar ya sea burbujeado o pérdida del color.

Los esmaltes hierven y pierden sus vehículos como los gases a más bajas temperaturas que el vidrio base. Los esmaltes que se mantienen a temperaturas elevadas por largos períodos de tiempo perderán sus vehículos y cambiarán su coeficiente de expansión.

El color de algunos esmaltes puede verse afectado por fudirlos cuando están en contacto con algún metal.

~ colores de esmaltes

ámbar. óxido de uranio 1 parte, fundente 8 partes. Se tritura sin calcinar.

Fundente. Minio 4.5 partes, pedemal 1.5 partes, cristal de flint 1.5 partes. Se derrite.

marrón. mezcla rosa 1 parte, mezcla púrpura 2 partes. Se tritura

La mezcla rosa se compone de 30 gms de púrpura e Casius , 180 gms de fundente 4, 60 gms de cristal de flint y 4.5 gms de plata preparada. Se tritura todo muy bien. La plata se prepara disolviendo plata pura en una mezcla de

partes iguales de ácido nítrico y agua, hasta saturación; después se introduce una placa de cobre en la solución hasta precipitar la plata en estado metálico, que se lava bien con agua para quitarle el acetato de cobre.

• La mezcla púrpura se compone de púrpura de Casius 1 parte, fundente 5, 2.5 partes, cristal de flint 2 partes.

• Fundente 4. Bórax 3 partes, minio 3 partes, pedernal 2 partes. Se derrite.

• Fundente 5. Minio 6 partes, bórax 4 partes, pedernal 2 partes.

rojo rubi. Mezcla púrpura 2.5 partes, mezcla rosa 1.5 partes. Se tritura

azul mate

Oxido de zinc 5 partes, óxido de cobalto 4 partes, fundente num. 2 10.5 partes; se funde y se mezcla la masa resultante con fundente num. 2, en la proporción de una parte de aquélla por 1.125 partes de este último, y se tritura la mezcla que así se obtiene.

-Fundente num. 2.

Minio 6 partes, bórax 2 partes, pedernal 2 partes. Derritase.

azul turquesa

Oxido de cobre 5 partes, bórax 10 partes, pedernal 12 partes, esmalte blanco 14 partes, minio 40 partes. Fúndase.

blanco

Arsénico 2.5 partes, nitro 1.5 partes, bórax 4 partes, pedernal 16 partes, cristal 16 partes, minio 32 partes. Fúndase.

marrón

Mezcla rosa una parte, mezcla púrpura 2 partes. Tritúrese.

negro

Oxido rojo de hierro 12 partes, carbonato de cobalto 12 partes, óxido de cobalto una parte, fundente núm. 6, 80 partes. Fúndase.

-Fundente num. 6.

Minio 3 partes, bórax calcinado 0.5 partes, arena de Lyon 1 parte. Derritase.

verde azul

Cristal de flint 8 partes, esmalte blanco 25 partes, bórax 8 partes, minio 24 partes, pedernal 6 partes, óxido de cobre 2.5 partes. Fúndase.

verde Rusia

Verde malaquita 10 partes, amarillo esmalte 5 partes, blanco mayólica 5 partes, fundente núm. 5, 2 partes. Tritúrese

| colores vitrificables

Los colores vitrificables ya sea para el vidrio o para la cerámica se componen de dos partes distintas: el colorante y el fundente. El colorante consiste en óxidos metálicos calcinados o sales de metales, con barro, pedernal, óxido de zinc u otro material no colorante. El fundente es un vidrio fácilmente fusible como el que tiene 60 partes de plomo rojo, 30 partes de ácido bórico y 10 partes de silicio.

Esto es mezclado perfectamente en un crisol y es vertido dentro de agua; después es molido finamente en un molino de piedras. El fundente ayuda a través de la influencia química a producir colores y tintas diferentes con el mismo colorante.

| hielos

Los hielos son colores vitrificables que en lugar de ser finamente molidos son machacados después de lo cual son clasificados en partículas de tamaños diferentes. Los hielos producen un efecto áspero interesante en la superficie.

Los colores usados en el vidrio son fundidos en la superficie, y así se vuelven en casi todos los casos una parte permanente del vidrio en sí. La fusión de estos vidrios a la superficie del vidrio se lleva a cabo por el quemado a temperaturas que van de 580 a 650 ° C, dependiendo de la naturaleza del vidrio y su color.

Los colores se aplican por el pintado, o por rociado con una máquina de aire especialmente diseñada para este trabajo. Después de la aplicación, se deja que el color se seque y los artículos son colocados en el horno de cocción. Se incrementa poco a poco la temperatura y si se quema en un horno de recocido, los artículos son movidos lentamente hacia el centro del horno en donde la temperatura es mayor.

| dorado y plateado

Las aplicaciones decorativas de hoja de oro y plata al vidrio data de los tiempos tempranos de los romanos. El diseño era dibujado a través de la hoja de oro o de plata con un punto fino y subsecuentemente era coloreado y luego cubierto con un material protector.

Los ejemplos modernos de decoración con oro, plata u hoja de cobre han sido descritos en conexión con la fabricación de espejos. La delicada hoja requiere una base y una protección de la humedad y por esa razón varios procesos de 'soldado' han sido desarrollados empleando oro o platino. Estos metales pueden quemarse también en la cara de vidrios negros o coloreados por el moderno proceso de plateado.

En otro proceso el metal puro es usado en forma de polvo y se incorpora mecánicamente con un fundente y con aceites inorgánicos y así son vendidos en forma de líquido o pasta. Estas preparaciones se aplican y se queman bajo casi las mismas condiciones que los colores vitrificables.

| lustres

Se pueden clasificar como resinas metálicas. Estos son manufacturados por adición lenta de sales metálicas a mezclas que hierven de aceites solubles y resinas y son así vendidos en forma de líquido. Los efectos iridiscentes que imparten su característico color metálico a la superficie del vidrio no son permanentes, además estos lustres no contienen fundente y por lo tanto no son capaces de ser fundidos en el vidrio.

| policromía

Se pegan en el interior de vasos, grabados diversos siluetados por un recorte minucioso. Se pasa una mezcla en el interior de: blanco de copal, 100 gramos, de blanco de cerusa, 50 gramos y de esencia de espílogo 25 gramos. Se reparte el tinte fluido haciendo rodar el vaso para que pase por todas las partes de la superficie del vidrio.

| calcomanías

Las calcomanías orgánicas y cerámicas están usándose más en la decoración de contenedores de vidrio, debido al desarrollo de las máquinas de aplicación automáticas y semiautomáticas y a medios más eficientes de impresión de calcomanías.

[coloración pareja

Para la completa coloración del vidrio se usa la radiación de cobalto. En este proceso una carga entera de vidrio de pedernal empacado en cartón se coloca dentro de una cámara de radiación, y en un período muy corto de tiempo, todas las botellas están coloreadas. La profundidad del color obtenido se controla con el tiempo y la intensidad de exposición de radiación.

[serigrafía

Un marco sostiene a la tela en la que el diseño se produce por medio de tapar algunas de las aberturas formadas entre los hilos. Las aberturas restantes son lo suficientemente grandes para permitir que el esmalte pase a través cuando se presiona un rasoero o escobilla de goma pasa a todo lo largo de la tela, en donde se ha colocado pintura. Cuando la tela se coloca en contacto con una hoja debajo de la primera, el esmalte pasa a través de la tela y se adhiere a ella. Así se reproducen los dibujos o lo que se quiera reproducir. Se usan pinturas termoplásticas que se secan dejándolas que se enfríen. Este proceso se ha adaptado a la decoración de botellas.

[xerografía

La xerografía tiene características que pueden simplificar el proceso de decoración en ciertas aplicaciones. Generalmente se considera como un proceso en dos fases distintas. En la primera de éstas se utiliza como un proceso fotográfico. Las placas xerográficas pueden usarse para hacer reproducciones fotográficas ya sea por contacto o exposición de la cámara. En la segunda de estas formas, la xerografía puede usarse para hacer múltiples copias de un mismo sujeto. La xerografía es completamente seca. No hay reacciones químicas o soluciones químicas implicadas. Las placas o películas no se destruyen por la acción de la luz pero pueden reusarse un gran número de veces. Es un proceso directo de positivo a positivo y no requiere el uso de un negativo intermedio.

Los aspectos fotográficos de la xerografía implican la formación de una imagen electrostática latente en una capa de material fotoconductor aislante y el revelado de la imagen con un polvo finamente dividido. El polvo se adhiere a las áreas eléctricamente cargadas de la placa. La placa se sensibiliza por la aplicación de una carga electrostática a la capa fotoconductor con una unidad de descarga luminosa. La placa sensibilizada se expone entonces a la imagen luminosa de el sujeto a ser reproducido. En donde la luz le pegue a la capa fotoconductor se reducen las cargas eléctricas en proporción a la cantidad de luz que cae en un área particular. La imagen es revelada por medio de espolvorear con un polvo fino, el cual se adhiere sólo a las áreas eléctricamente cargadas. Los impresos se hacen por medio de transferir y fijar la imagen de polvo al papel o sobre otro material.

196

[colores fríos

El uso de tintas a menor temperatura < o decoración de índole orgánica o plástica > es un esfuerzo en la dirección de bajar los costos. Estas tintas son llamadas colores en frío, tintas orgánicas, lacas, tintas a base de plásticos, etc. Son limitadas a las temperaturas del ciclo de horneado, más que a los ciclos de quemado, recocido o fundido.

[pintura electrostática

Es cualquier método de aplicación de material que emplee la atracción eléctrica o repulsión entre cuerpos cargados para controlar el comportamiento de las partículas rociadas. Si se aplica a una operación de cobertura, se puede interpretar como si cada pequeña partícula de material cubridor se cargara negativamente, será atraída y depositada sobre una superficie adyacente, la cual está cargada positivamente. La razón principal para el uso de este en lugar de otros métodos, es que proveen una eficiencia de deposición mayor, y permiten la cobertura automática de artículos que no pueden ser pintados automáticamente de otra forma.

>> grabado del vidrio

El grabado, el cortado, el cortado brillante y el biselado son todas formas del mismo proceso, variando sólo en la delicadeza del detalle o del acabado. Así, el grabado es un arte que depende de la habilidad y toque del grabador, el cortado brillante es una versión a gran escala más mecánica que todavía depende en la habilidad del cortador, mientras que el biselado puede ejecutarse completamente por medios mecánicos. La técnica a gran escala del cortado brillante, naturalmente más limitada e impersonal, permite al cortador brillante el trasladar o reproducir el diseño del artista.

El grabado al diamante, se describe como punto de diamante. El término cortado se aplica usualmente al vidrio cortado como objetos de mesa, candelabros, arañas de cristal. El término cortado brillante se aplica al trabajo en

espejos u otros vidrios arquitectónicos decorativos, en hojas o planos. El desbastado es el primer paso en cualquier proceso de cortado decorativo. El biselado es el término aplicado al desbastado, suavizado y pulido de los bordes de el vidrio plano, particularmente de espejos o vidrio para cabinets.

Grabado

El grabado a la muela en ampliamente visto como la forma más fina de la decoración de vidrio.

El dibujo que ha de ser reproducido sobre el vidrio es ejecutado sobre una hoja de papel cebolla, y sus contornos son picados cuidadosamente con un afiliter. Se reproduce el motivo elegido aplicando sobre la pieza el estarcido entalcado. Después se sigue fielmente, con un estilite mojado en tinta negra, el dibujo dejado por el talco. La pieza es entregada entonces al grabador que opera a contra luz, delante de un amplio ventanal para ver mejor la dirección y la profundidad de sus incisiones.

La herramienta del grabador es una rueda pequeña rotativa de cobre, colocada en la punta de un eje operado ya sea con un pedal o por un motor. Para asegurar su firmeza este eje corre sobre rodamientos de un tercio de su largo. El borde de muela vertical se encuentra exactamente en el mismo eje del asiento y la mirada del operario. El vidrio se sostiene en contra de la rueda, la cual se alimenta con aceite y polvo de esmerilar, que están en un dispositivo sobre la rueda, y las líneas y huecos que componen el diseño son así grabadas. El grabador empuña con ambas manos la pieza y la desplaza en contacto con la muela en rotación, siguiendo los contornos de estarcido. En todo momento, el desplazamiento de la pieza engendra el trazado, pero la dureza del vidrio impide ciertos gestos en curva que impondrían una presión al biés. Un círculo de radio corto no puede ser grabado con un solo movimiento, se pena de hacer saltar escamas, y el grabador lo traza en varias etapas, en una sucesión de arcos. El grabador varía el ángulo de ataque con el movimiento de las manos y, con la presión de éstas, la profundidad de la entalladura. Mientras el chorro de agua mana para enfriar el objeto, el grabador unta de vez en cuando su muela, con pasta abrasiva elaborada con polvo de carborundum. Las ruedas se cambian de acuerdo con la naturaleza del ornamento, es decir a medida que las circunstancias lo exigen. Usualmente son de 1.27 cm a 20 cm de diámetro. Las incisiones del ornamento grabado pueden dejarse opacas como quedan de la rueda o pueden ser pulidas a una textura de seda, lo que realza la transparencia del vidrio.

Cortado o talla

La talla consiste generalmente en la substitución, por moldeo, de ciertas superficies curvadas de las piezas sopladadas por superficies planas. Los planos se cortan entre sí según aristas rectilíneas. Con ello es posible crear también superficies cóncavas, en círculo ovaladas o acanaladas, o acentuar la convexidad mediante canales torcidas o en espiral. Los diseños son principalmente geométricos.

Este procedimiento decorativo es conveniente para el vidrio de potasa, que es duro, y mucho más para el cristal que, una vez tallado en prisma, comparte con el diamante la propiedad de descomponer la luz. El objetivo de la talla consiste en hacer jugar la luz en el vidrio al facilitarle un gran número de planos y de facetas en los que pueda refractarse y reflejarse hasta el infinito. Se trata de una estética propia vinculada a la constitución química y a las propiedades ópticas particulares del vidrio al plomo.

El arte del cortado difiere del grabado en que se aplican las tres operaciones: desbastado, suavizado y pulido. El desbastado o cortado tosco se hace con ruedas de hierro o semiacero usando carburo de silicio y agua en lugar de aceite y esmerilador. Se efectúa en frío y se apoyan las piezas sostenidas por ambas manos contra las ruedas del cortador que son en general más grandes que esas del grabador. Van de 7.6 cm a 60 cm de diámetro. En función del dibujo, se utilizan las caras laterales de la muela para los planos, las aristas para los surcos profundos, y el canto para los biseles y las concavidades.

Se empieza por esbozar la talla sobre una muela de hierro o de hierro dulce sobre la muela de hierro y después se hace el suavizado se hace con ruedas de piedra arenisca finas alimentadas con agua y el pulido final se ejecuta en una rueda de madera hueca o corcho con polvo de cenizas de estaño y agua. Se termina la talla con una rueda de cerdas para desembarazar la pieza de las partículas de abrasivo que pudieran quedar en ella. Por último, a veces se afina el lustre mediante una rueda formada por una aleación de plomo y estaño. También aquí el diseño terminado puede combinar superficies mate y brillantes.

Grabado al diamante

El diamante raya el vidrio utilizando una punta de diamante montada sobre una especie de portaminas, o más simplemente, un lápiz constituido por un solo bloque de acero al tungsteno aguzado por uno de sus extremos. El utensilio es sostenido por la mano, exactamente como si de un lápiz se tratara, y mientras mantiene el objeto inmóvil con la otra mano, obedece al trazado de un estarcido. Para seguir mejor el progreso de su trabajo, ha sombreado previamente el recipiente introduciendo en él un trozo de tela oscura. El trazado forma en la superficie del vidrio un arañazo delicado que destaca en claro sobre el fondo. La dificultad estriba en el riesgo de deslizamiento de la pieza frágil que ningún tomillo de mano puede sostener, en la necesidad de mantener una presión firme, constante y controlada pese a los posibles calambres y a los peligros de error en las medidas del

trazo, provocadas por la resistencia del soporte.

Con el triunfo del grabado a la muela el grabado al diamante cayó en desuso o se subordinó a su rival para trazar los detalles menudos o las sombras. El grabado se cambió por el *stipple-engraving*. El empleo sutil de punteados trazados, o más bien ligeramente golpeados con la punta del diamante, unas veces próximos y otras distantes, crea unos efectos de luz y sombra y confiere al vidrio una grano casi fotográfico, en este puntillismo los puntos representan los blancos y el vidrio transparente las sombras.

[cortado brillante

El proceso del cortado brillante es uno en el que el cortado a gran escala se aplica al vidrio plano. El diseño se corta con una rueda de piedra, y se suaviza con una de madera de sauce alimentada con pumita y agua, y finalmente es pulido por medios de un cepillo rotativo de fibra usando rouge y agua. Las ruedas de corte van de 3,81 cm a 91 cm y son de 1,9 cm a 2,54 cm de grueso. Son de piedra artificialmente unida como 'aloxite'. La maquinaria consiste en un pesado marco de acero que carga un tubo y una rueda rotativa. el agua se alimenta por un grifo que esta en la superficie de trabajo de esta rueda. Cuando la hoja de vidrio es trabajada puede detenerse con las manos, pero las hojas más grandes se suspenden y se balancean para que el cortador se asegure de hacer un corte delicado a pesar del peso del vidrio. Las curvas pueden hacerse con cortes en v y cortes de canto pero no con cortes de panel, los cuales se usan para líneas rectas. Las piedras grandes se usan para líneas rectas. El cortado brillante puede combinarse con decoración de superficie complementaria tal como realizado o grabado con chorro de arena.

[biselado

Tres son los pasos en el proceso completo del biselado o en el trabajo de borde - el desbastado, el suavizado subsecuente y el pulido final. Es inusual el dejar los biselados sin pulir pero en el trabajo de hacer bordes, los bordes planos, redondeados o levantados pueden ser suavizados o pulidos.

>> decorado en relieve del vidrio o esmerilado

El grabado con ácido se conoce como 'decorado en relieve'. Es un proceso en el que el vidrio es oscurecido por la disolución de su superficie en alguna solución de ácido fluorhídrico, el único ácido que ataca al vidrio rápidamente. Este ataca al vidrio, formando con la sílice un ácido fluorosilícico soluble, y esta reacción de disgregación es la base del grabado del vidrio. El ácido fluorhídrico ejerce una acción enérgica sobre los silicatos del vidrio, acarrea la formación de fluoruro de silicio gaseoso, de fluoruro de sodio, soluble en el agua, y de fluoruros de calcio y de plomo, insolubles en el agua pero solubles en el ácido concentrado.

198

Los vidrios de potasa-plomo son los más sensibles al grabado. Les siguen los vidrios semi-cristal, en los que el plomo es reemplazado por calcio, luego siguen los vidrios sosa-cal y finalmente los vidrios potasa-cal.

Por medio de el decorado en relieve se pueden obtener una gran variedad de texturas oscurecedoras y estas en combinación tienen grandes posibilidades de decoración. Se emplean ampliamente seis acabados de ácido en donde se quiera algún grado de poder conciliador. El ácido diluido deja al vidrio su aspecto transparente, el ácido más concentrado lo deja despulido, y sólo conserva su traslucidez. El graneado se emplea extensamente para pantallas y ventanas en donde se necesite la mayor cantidad de luz pero al mismo tiempo en donde sea esencial la privacidad. Estos acabados estandarizados son aplicados normalmente a un lado de la hoja solamente, pero se puede obtener un grado de mayor privacidad si se aplica el acabado al ácido, oscureciendo ambas superficies del vidrio.

[grabado satinado

Para un acabado satinado, se requiere un segundo tratamiento de ácido. Las soluciones de ácido fluorhídrico puro disuelven al vidrio pero dejan a la superficie comparativamente clara. La adición de un álcali neutralizador produce una superficie escarchada oscura y esta combinación de ácido y álcali se conoce como ácido blanco, del cual deriva su nombre el acabado. Si el primer tratamiento con ácido blanco se sigue con otro tratamiento con ácido hidrofiorhídrico diluido la superficie escarchada se aclara y se obtiene un acabado satinado de lo más delicado. El tono de este puede variarse de acuerdo al tiempo del tratamiento y al poder del ácido.

[grabado punteado

Los acabados punteados o graneados se obtienen ya sea por cubrir la superficie de la placa con una capa delgada de goma arábica, sobre la cual se esparza una capa de mica granulada antes de poner el ácido, o por la mezcla de mica granulada con el ácido, el cual se vierte sobre la placa. Como resultado el ácido es más activo en donde la mica no se ha asentado en la superficie, por lo tanto resultan las típicas texturas granuladas. Estos gránulos también se aplican a superficies que hayan sido previamente tratadas con ácido blanco.

[grabado congelado

El grabado congelado se puede obtener por el uso de soluciones concentradas. El efecto se incrementa por la adición de sales neutrales. Los grabados congelados se hacen también por exponer al vidrio a ácidos hidrofúorhídricos gaseosos. El último procedimiento, mientras que es excelente para producir pequeños grabados no se adapta bien a la manufactura de objetos grandes.

El congelado del vidrio no depende de la deposición de substancias cristalinas en el vidrio, sino en el acabado rugoso de la superficie. Ni el congelado más intenso puede alcanzar al vidrio opal en el efecto de dispersión de la luz.

Para llevar a cabo los diseños esmerilados, lo primero que se hace es proteger las superficies que no deben ser atacadas. Se recubre el exterior de la pieza - y también el interior, si todo el objeto ha de ser sumergido en el ácido - con una capa protectora: betún de judea, bamiz de grabador, una capa de cera y trementina o negro de brunswick, el cual es comunmente empleado para este propósito. Después con un punzón fino, el grabador incide con un cuidado exquisito la capa bituminosa y traza en ella su dibujo. El vidrio se limpia con aceite de turpentina para eliminar cualquier traza de cera que haya quedado. Seguidamente, el objeto es sumergido en el baño de fluoruro ácido. Sólo son atacadas las líneas y las superficies decapadas. Revolviendo las piezas en el baño se impide que las sales que se forman en la superficie del vidrio obstaculicen la acción del ácido. Casi siempre el trabajo se realiza a 20 ° C, pero algunas veces, cuando se usan soluciones diluidas, la temperatura se eleva a 30-40 ° C, dejando al vapor en el baño.

Cuando el ataque de este ha alcanzado la profundidad deseada, se retira el objeto, se enjuaga abundantemente con agua y se disuelve la capa protectora.

El grabado al ácido se presta a la multiplicación industrial, pues un pantógrafo provisto de punzones repite, una pequeña escala y sobre los vidrios recubiertos por la capa de protección, los movimientos de un obrero que se limita a seguir con la punta el trazado de un gran patrón colocado ante él.

Los artículos de mesa frecuentemente se decoran como sigue: Después de sumergir los artículos en cera se colocan en un apoyo de metal. Una aguja que se mueve mecánicamente en la forma del diseño se hace mover sobre la superficie del objeto, mientras que el último es movido el forma circular alrededor de su eje. Los artículos se almacenan en un cuarto protegido contra el polvo hasta que estén listos para el baño de ácido.

199

[grabado veneciano

No es más que una calcomanía. Se imprime el dibujo que se va a reproducir o, mejor, las superficies reservadas, sobre un papel cebolla y con una tinta preparada con betún, ácido estéatrico y trementina. Se adhiere cada hoja al vidrio que se va a grabar, con un tampón de franela, y al retirar con cuidado el papel, la tinta al betún permanece sobre el vidrio. Basta entonces con sumergir las piezas en la cubeta del ácido.

[otro proceso de grabado

El diseño se hace en el vidrio con un bamiz como pigmento. Mientras está mojado, se espolvorea polvo metálico o de copal en el diseño. El objeto de vidrio se sumerge a continuación en ácido fluorhídrico y subsecuentemente es lavado con agua. Este polvo, el cual previene el ataque del ácido fluorhídrico por algún tiempo provoca que el diseño aparezca en relieve y como un grabado mate, ya que la delgada capa de barniz no previene el grabado mate del vidrio.

[grabado de vidrio de precisión

Es el grabado de círculos y retículas de vidrios para teodolitos.

grabado Después de que la cubierta es marcada, el vidrio es grabado por fluoruros de hidrógenos gaseosos < ya sea secos o húmedos > o con una solución acuosa de ácido hidrofúorhídrico.

fotograbado..... el método fotográfico es mucho más rápido, ya que no se requiere grabado mecánico. En este método, una cubierta sensible a la luz se aplica al vidrio, el cual se imprime por contacto después con el negativo maestro y se revela. La cubierta consiste de resina formaldehida de fenol con iodoforma como sensibilizador. La adición de la resina formaldehida resorcinol mejora las cualidades sensibilizadoras a la luz de la cubierta.

>> esmerilado por chorro de arena

Es un proceso que se a vuelto muy valioso en la decoración además de que resiste el rayado. El chorro de arena es un método muy común en la industria actual.

Los aparatos usados en este proceso se usan extensamente en la preparación de fundiciones y forjados para el esmaltado, pintado o galvanizado; se usa para limpiar la mampostería y boilers de locomotoras y para raspar puentes de hierro y cascos de barcos antes de pintarlos. Los aparatos modernos de chorro de arena operan con

aire comprimido y la arena ordinaria ha sido suplida por otros abrasivos tales como pedernal molido y municiones de hierro helado. El hierro retiene su agudeza y provoca un poco de polvo, siendo el desechado del mismo el problema más importante que implica este proceso. El uso de municiones de hierro para cortar o para barrenar al vidrio es práctica común actualmente.

El esmerinado por chorro de arena fue aplicado primeramente en la industria para grabar inscripciones y diseños en artículos de mesa producidos en serie, una forma de grabado que se extendió subsecuentemente al vidrio plano, al granito y al mármol. La facilidad con que los ornamentos y las letras pueden repetirse por el método de stencil y chorro de arena, siendo 2000 impresiones hechas de una hoja de acero, llevaron al esparcimiento del proceso y el desarrollo de muchos tipos de equipo comercial. La dureza técnica del vidrio sólo presenta una importancia secundaria en lo concerniente al trabajo del chorro de arena.

El chorro de arena no sólo destruye en unos cuantos segundos una capa de vidrio bastante profunda, sino que elimina una masa de vidrio de varios milímetros. Las sustancias tales como vidrio, mármol, hierro etc; sólo presentan una tímida resistencia al choque provocado por las partículas de arena y proyectadas como martillos en contra de la pared hacen que el material se rompa en todos lados.

Se recubre la pieza que se va a grabar con una chapa de estarcir cuyos huecos corresponden a las superficies que es preciso deslustrar. La chapa de estarcir se corta al reverso, ya que el diseño tiene que verse a través de el vidrio, por el lado opuesto al que se trabaja. Las hojas de papel pergamino especialmente preparadas o de plomo o de un material similar protegido con un barniz elástico, por su elasticidad soportan el chorro de arena durante un largo período de tiempo sin deterioro. Los protectores más eficientes son los elásticos, siendo el hule el ideal. El hule soporta un chorro de arena de 70 libras por 2.54 cm cuadrados sin deteriorarse y sólo se ve afectado cuando el chorro se concentra muy cerca, siendo el calor generado el agente destructivo principal. Para el grabado del granito se usan los stencils de zinc protegidos con hule. Un protector es el reverso de un patrón de estarcir y se puede poner una solución de hule para el propósito usando un patrón de estarcir para proteger las partes del diseño que serán esmerinadas con el chorro después de que se quite el patrón.

[máquinas de succión

Se envía una aspiración de aire bajo presión, a través de un tubo que da origen a un vacío de aire delante del canal que carga la arena. Esto provoca una segunda aspiración de aire, la cual lleva el arena a la primera aspiración de aire, la cual en turno arroja la arena en contra del artículo a ser tratado. El esmerinado por el chorro de arena se efectúa verticalmente en contra del artículo a ser tratado, el cual se sostiene delante de la abertura en la cual se ha colocado el stencil. Este tipo de máquina se adapta particularmente a la producción en masa y el operador tiene que sostener el objeto delante de la abertura por unos cuantos segundos.

La producción de este tipo de máquina puede ser de 150 a 200 grabados por hora o de 5 a 6 metros cuadrados de vidrio esmerinado.

[máquinas de presión de aire

Para tratamientos que necesiten un esmerinado muy marcado y profundo, como para hacer barrenos, es preferible emplear una máquina especial que opera bajo presión directa de aire, cuya acción es mucho más poderosa. En tales casos, la arena cae directamente en el canal que lleva el aire bajo presión. La arena usada y después de ser arrojada en contra del artículo a ser tratado, cae en un recipiente colocado arriba del tanque de arena. De cuando en cuando, un ventilador abre la porción más baja del recipiente y la arena entra al circuito otra vez. La producción asciende de 600 a 800 letras o de 5 a 8 metros cuadrados de vidrio esmerinado con un eyector de 10 mm.

La duración del tratamiento para un vidrio de 8 mm de espesor es de 12 a 45 minutos para barrenar hoyos de 8 a 50 mm en diámetro.

[máquinas de esmerinado por chorro de vapor

Cuando se requiere un esmerinado muy fino, el aire se substituye por vapor de 4 a 5 atmósferas. El principio de operación es casi idéntico al producido por las máquinas de presión de aire, siendo el motor substituido por un boiler apropiado.

El nuevo sistema de aplicar arena mojada casi lodosa, da otra ventaja. La finura de el esmerinado por el arena se limita al tamaño de las partículas de arena. En forma lodosa, la arena puede usarse sin peligro y asegura resultados y grabados muy finos, que no son fácilmente distinguibles de esos obtenidos por grabado con ácido y por métodos de desbastado.

Los efectos que se obtienen por el esmerinado con chorro de arena son el de superficie y gravé o profundo.

En los varios pasos de la ejecución, algunas partes del diseño se protegen con patrones en la misma forma en

como se dibuja con aerógrafo, y es esta técnica la que produce el contraste de bordes filosos y sombreado que es característico de este tipo de decoración.

El vidrio pulido en su espesor ordinario aparentemente es incoloro pero el vidrio plano grueso es apreciablemente verde, por lo que visto de canto, su color natural se intensifica. Este verde característico, debido a la presencia de compuestos de hierro, puede convertirse en buen elemento para el diseñador, particularmente por medio del esmerilado con chorro de arena. Este efecto puede acentuarse por luz artificial, en donde debe usarse un vidrio templado. El gravé profundo es un medio escultural de ejecución.

| decoración dendrítica de la superficie

Se produce por un proceso conocido como "desconchado de pegamento", en el cual la superficie del panel se cubre con un pegamento especial y se seca a 52 o C. Conforme el pegamento se seca se cae del vidrio llevándose pequeñas conchas y dejando una superficie finamente veteada que aparece suave en textura y es muy efectiva en muchos colores.

| corte a chorro

Es un proceso convencional de esmerilado por chorro de arena, refinado al punto de que la abertura de la boquilla no es más grande de 0.0127 cm y las partículas abrasivas que emanan de ella no son mayores de 10 a 50 micras. Estas pequeñas partículas, emanando de la boquilla, chocan en el vidrio y lo cortan, sin generar ningún choque o calentamiento. Es por esta razón que este proceso puede usarse en la más frágil sección de vidrio, sin destruirla. Así trabaja el equipo. Aire comprimido, o gas inerte, pero no oxígeno puro, propulsa partículas de óxido de aluminio o carburo de silicio a través de la boquilla, a una taza que es uniformemente medida por el aparato. La rapidez del corte depende de varios factores, entre estos: la distancia de la punta de la boquilla, tipo de abrasivo, alimentación de abrasivo < concentración > y presión de gas.

>> moldes

En el proceso normal del diseño de un molde debe tomarse en cuenta:

- 1 el peso del objeto
- 2 el volumen o capacidad del objeto
- 3 el perfil del objeto

[moldes cerrados

La utilización de los moldes cerrados metálicos se encuentra ligada a una cuestión técnica muy importante: la del contacto del vidrio aun viscoso de la masa y semisólido del objeto terminado con el metal; este problema que suscitó muchas dificultades a los primeros fabricantes con moldes cerrados, ya que la naturaleza de la fundición y la temperatura a que debe ser mantenida para las fabricaciones mecánicas son de capital importancia.

La temperatura del molde durante el trabajo se mantiene entre 300 y 400 grados. Cuando el molde no alcanza esta temperatura, como ocurre a menudo al principio del trabajo, los objetos que salen de él tienen las caras arrugadas, atormentadas, según la expresión vidriera. Los moldes deben ser recalentados al comenzar el trabajo, lo que se hace con la introducción de una masa de vidrio sacada del horno, con la caña o con la barra. En el curso del trabajo, es necesario a menudo enfriar el molde, por ejemplo si el objeto fabricado es de masa bastante grande; en este caso se enfría a veces el molde en el agua fría. Pero esta práctica no es recomendable porque entraña un desgaste prematuro del molde. Es preferible hacer el enfriamiento con aire comprimido o soplado por ventilador.

Otra dificultad se presenta en el curso de la fabricación, la pegadura de la masa al metal; para remediar este defecto, se tiene la precaución de introducir en el molde un pequeño haz de fibra de madera o una paja de gramínea sin nudos; este artificio ha contribuido mucho al éxito del molde cerrado en el caso de fabricaciones turnadas. Se atribuye a la carbonización de la paja y a la gasificación que entraña, no solamente la supresión de la adherencia al molde, sino también el brillo del vidrio.

Para los mismos motivos de no adherencia y de brillo, se utiliza mucho agua jabonosa o aceites especiales para enfriar los moldes; la carbonización de una capa muy uniforme de jabón o de aceite desempeña el mismo papel, creando entre el hierro y el vidrio un pequeño manto gaseoso elástico que baña el vidrio interpuesto entre el metal y la materia vítrea. Otra práctica consiste en abrir y cerrar el molde sobre el objeto, ya soplado, lo que contribuye, al decir de los vidrieros, al brillo del vidrio.

Para remediarlo cuando el objeto es de revolución, como las botellas, basta girar la caña en el molde; otras veces, es el molde el que gira en torno de la caña. Para los frascos de lujo, se emplean a veces moldes de aceros especiales que permiten obtener caras particularmente lisas y brillantes.

La superficie del molde debe ser bien pulida; la misma calidad de pulido, se impone en el caso de los moldes de una fabricación mecánica. En este segundo caso de acción recíproca del vidrio sobre el metal, es preciso además que la masa metálica sea lo bastante pesada para asegurar el enfriamiento del vidrio hasta una temperatura en que éste no fluya; en las fabricaciones mecánicas, en las que debe intervenir la rigidez, sólo se llega a este enfriamiento mediante potentes chorros de aire comprimido.

[materiales

La fundición de hierro es casi siempre empleada para la confección de moldes. La fundición gris < contiene carbono al estado libre, en forma de grafito y de perlitá y se emplea > cuidadosamente maquinada y pulida, ha sido el metal más utilizado para moldes durante muchos años y debe ser de una consistencia muy densa, lo menos porosa posible. La porosidad dificultaría o impediría el pulido perfecto de las caras interiores, necesario para obtener el aspecto brillante del objeto y para sacarlo fácilmente del molde. Se han usado aleaciones especiales y metales particularmente tratados, como los nitrurados; pero la mayor parte de los moldes actuales siguen siendo de hierro fundido; a dichos moldes se les llama algunas veces moldes de hierro caliente, o moldes calientes, siendo apropiado este calificativo, ya que siempre trabajan a elevadas temperaturas mientras que otros tipos < los moldes de pasta >, requieren de refrigeración intermitente.

Los moldes de hierro se calientan, bien sea en un horno o por e propio vidrio fundido, y están diseñados para que conserven el calor durante el trabajo.

Generalmente el hierro se oxida pronto, pero esto no importa, ya que la capa de óxido salta o se resquebraja, desprendiéndose fácilmente. Por ello se tiene que pulir el molde de cuando en cuando. Como consecuencia de esta operación las dimensiones interiores del molde se aumentan con el tiempo y esto altera las dimensiones del objeto de vidrio resultante.

El tipo más sencillo de molde de hierro es el de bloque, hecho de una sola pieza y utilizado para objetos aplanados y pequeños, los cuales, por su tamaño y forma, se extraen fácilmente. El grado inmediato de complejidad, es el molde partido, hecho de dos secciones enlazadas con bisagras por un lado y mantenidas por el otro con un pestillo o pasador. Los moldes pueden llevar inscripciones o leyendas, números, marcas u otros grabados, los cuales cincelados en el molde, aparecen en relieve < bajo o alto > en el vidrio.

Por mucho cuidado que se ponga en la elaboración de un molde partido, la junta, soldadura o costura, siempre deja huella en el objeto, cada vez se va señalando más por las pulidas sucesivas del molde.

En la actualidad existe un procedimiento galvanoplástico que se aplica a la superficie interior de los moldes de hierro, o sea, la superficie que tiene contacto directo con el vidrio. Este tratamiento es un cromado especial, y su aplicación es de lo más compleja, ya que si ésta es defectuosa, se desprenderá parcialmente y la botella desmerecerá mucho en cuanto a apariencia se refiere. Son varias las ventajas que se obtienen con un buen cromado, y entre otras se tienen las siguientes:

- mayor brillantez en el objeto.
- eliminación de la oxidación interior del molde, lo cual se refleja en una mayor estabilidad del volumen del molde.
- lubricación más económica.
- mayor vida útil de los moldes.

Debido a que la aplicación del cromado de los moldes, aún no ha sido totalmente satisfactoria y a que su costo es elevado, en la práctica tiene poco uso pues requiere un estudio económico, para saber si a determinados moldes conviene o no aplicarles el cromado.

Actualmente debido a las operaciones mecánicas que se requieren es necesario someter a todo el fierro utilizado, a operaciones especiales, en las cuales el calor tiene el papel más importante. Reciben el nombre de tratamientos térmicos.

El tratamiento térmico que se aplica a las piezas vaciadas para las molduras es el recocido, que consiste en llevar a cabo un calentamiento a una temperatura suficientemente alta, mantenida en ese punto por un tiempo determinado; por supuesto temperatura y tiempo son condiciones controladas. Después debe enfriarse de la temperatura que se elevó a la temperatura ambiente, con una velocidad muy pequeña, para que haya una precipitación normal de las fases y de esta forma obtener en el material la liberación de esfuerzos internos, homogeneización de los cristales y mayor maquinabilidad.

Manteniendo el material más o menos una hora de 700 o C a 800 o C y con una velocidad de enfriamiento lenta < de 20 a 25 o C por hora >, se obtienen las propiedades deseadas del material para molduras, pues los efectos de velocidades lentas de enfriamiento son estructuras más suaves.

Para seleccionar un horno deben considerarse primordialmente los cuatro factores siguientes: uniformidad de temperatura, flexibilidad, carencia de reacciones perjudiciales y costo de operación.

Un horno tipo mufla de forma rectangular con una o varias puertas de carga y descarga y de sistema intermitente.

Las propiedades deseables para los moldes son:

- a.. fundición de estructura homogénea, capaz de admitir y sostener un alto terminado superficial .
- b.. alto grado de maquinabilidad, para poder dar las tolerancias dimensionales, ya que la mayoría de ellas son muy pequeñas.
- c.. materiales libres de esfuerzos internos, para evitar deformaciones.
- d.. baja expansión térmica y alta resistencia al choque térmico .
- e.. alta conductividad térmica.
- f.. resistencia a estrellarse.
- g.. resistencia a la oxidación.
- h.. retentividad de lubricantes. La propiedad del último inciso es muy importante, pues en la producción de botellas se utilizan lubricantes de varias clases, los cuales se aplican en la superficie interior del molde para evitar algunos problemas tales como la fricción del vidrio y el metal, la adherencia del vidrio al metal y evitar que se estrellen.

Estos lubricantes son aceites puros a base de parafina, y al aplicarse al molde caliente forman un producto gaseoso, muchos forman o dejan residuos en la superficie.

Algunos metales no tienen la misma facilidad para retener el lubricante que otros. La frecuencia de la aplicación de lubricantes es función del personal y algunas veces por descuido no lo aplican oportunamente y en otras, lo aplican con demasiada frecuencia; por lo general lo aplican sucesivamente, en lugar de que esto sea la excepción, y los costos resultan elevados.

>> moldes para objetos artesanales, manuales y artísticos.

ligadores/cementos

yeso gipsum
hydroperm
cemento hydrocal
cemento portland

silica
diatomita
alúmina hidratada
zirconia

modificadores

vemiculite
perita
grog
sermín

ligadores/cementos . refractarios . modificadores

cemento calcio alúmina	arena olivina	jabón
< fondu >		fibra de alúmina
alúmina coloidal		barro de caolín
sílica coloidal	lodo	
barro < para cocer >		

ligadores

Los materiales que mantienen unidas a las partículas refractarias son los agentes ligadores o cementos. Los diferentes ligadores cuajan a diferentes temperaturas. El cemento portland se rompe a 315-484 o C. El fondu o la alúmina de calcio tiene una fuerza de mantenimiento de hasta 1425 o C. Casi todos los compuestos de yeso pierden fuerza a 703- 814 o C. La alúmina coloidal y la sílica coloidal tienen una fuerza de ligadura desde 315-1258 o C. Todos los cementos tienen diferentes grados de resistencia a altas temperaturas, dependiendo de la mezcla particular de refractarios con los que se han asociado. Los ligadores ganan su fuerza de unión de tres formas distintas:

formas distintas:

- unión hidráulica
- atracción molecular
- clasificación de unión cerámica

refractarios

Los refractarios son materiales que soportan altas temperaturas y que no se deforman y no cambian químicamente. En las mezclas para vaciado de vidrio, de estos materiales hay una gran proporción en la mezcla del molde. Hay muchos tipos de refractarios que resisten más o menos la acción corrosiva del vidrio caliente. En otras palabras, algunos materiales se pegan al vidrio más que otros. Esto es debido a su fórmula química, tamaño de partículas y al tipo de ligador con el que se asocian.

Es importante para una mezcla para moldes que es cementada por unión hidráulica, como el yeso, una amplia variedad de tamaños de partículas refractarias. El yeso se deshace cuando alcanza altas temperaturas. Su fuerza desaparece entre los 759 y los 860 o C, en muchos procesos del vidrio. Cuando el yeso alcanza los 648.24 o C, se emplea a encoger radicalmente. Este encogimiento es lo que provoca cuarteaduras en el molde. En el caso de molde de frit, la frit de vidrio se endurece más conforme el yeso se encoge. Los refractarios son inertes, no se encogen o cambian de forma. Por lo tanto, si una mezcla para moldes de yeso tiene un 50 % de sílice, debe encogerse un 50 % menos que si fuera todo de yeso. Pero esto trabaja hasta un punto. Después de que se añade un 50 % de sílice o de otro refractario no hay suficiente acción de unión para mantener a los refractarios en su lugar. Si se añaden refractarios de varios tamaños de partículas, es posible empacar a las partículas tan juntas que tengan una cierta cantidad de integridad física. Este empacamiento de varios tamaños de partículas añade fuerza de tensión por medio de reducir el encogimiento y por lo tanto las cuarteaduras.

modificadores

Se añaden varios materiales a las fórmulas para moldes de colado para aumentar el tiempo de secado, para incrementar la porosidad o para absorber la expansión o contracción de otros materiales de otros moldes. No añaden fuerza de unión, de hecho, generalmente debilitan la estructura del molde. Mientras que pueden ser refractarios, su añadido a la receta es generalmente en pequeñas cantidades y no como un relleno del cuerpo principal. El malentendido de los modificadores y su sobreuso en muchas fórmulas para moldes de vidrio probablemente provoca más fallas en los moldes que cualquier otra razón.

moldes de barro

Los moldes de stone ware son porosos y muy duraderos cuando se queman a temperaturas que van de los 870 a los 981.24 o C. Con el cuidado adecuado los moldes de stone ware duran mucho. Una desventaja de los moldes de barro es que encogen mucho, del tamaño que tienen húmedos al tamaño que tienen cuando se queman. Se encogen desde un 12 a un 15 %. Los moldes de barro soportan el shock térmico fácilmente, por el cambio en volumen de las partículas de sílice dentro del cuerpo de barro. Para evitar el cuartear a los moldes de barro, no hay que verter el vidrio caliente en los moldes fríos.

Antes de quemar los moldes hay que barrenar perforaciones para aire en las cavidades más profundas. Para moldes de tazones, hay que barrenar en los lados de el fondo, no en el centro ya que allí es donde primero va a caer el vidrio y tapaná el orificio.

espirales de barro

El formado por medio de espirales de barro es uno de los métodos más fáciles para hacer moldes de barro. Después de pegar dos o tres espirales, se funden y se checan los contornos. Después de que todas las espirales

están juntas se hace la forma con una esponja y quitando pedazos. Cualquier textura en la superficie o incisión debe hacerse mientras el barro está húmedo. Se deja secar al aire por dos o tres horas, lo que permitirá que el barro se seque a la textura de -piel dura-. El detalle debe aplicarse en esta etapa.

≡planchas de barro

El formado por medio de planchas de barro requiere el formado del barro en hojas apilables de igual espesor antes de empezar a hacer el molde. Se coloca el barro sobre una tela húmeda y a los lados de éste se colocan dos tablas de igual espesor. Se aplana con un rodillo, sirviéndose de las tablas como guía. El espesor de las tablas determina el espesor de las planchas. También se pueden hacer colocando al barro aplinado entre las tablas y pasando un alambre sobre las mismas. Se sugiere un espesor de 1.27 cm o más. Los bordes que se funden deben rallarse y humedecerse antes de presionar dos. Las uniones pueden reforzarse con espirales de barro que se funden a las mismas uniones.

Las planchas pueden colocarse sobre yeso, cerámica, o formas de barro húmedas, cubiertas con un trapo húmedo. Cuando el barro se ha endurecido lo suficiente como para mantener su forma, <como de tres a cinco horas>, debe retirarse del modelo que le dió forma. Para evitar cuarteaduras hay que dejarlos que se sequen lentamente. SE cubren hoigadamente con plástico por dos o tres días, luego se quita el plástico y se dejan dos días más. Se queman a baja temperatura durante cinco horas antes de llevarlas a 981.24 o C.

≡moldes con barro chamotte húmedo

Se mete el positivo en el barro húmedo y se deja secar como por media hora junto al horno de vidrio. Después de secado este molde puede usarse para soplado. Dará uno o dos sopladados satisfactorios después de lo cual habrá que reemplazarlo, además no debe esperarse un 100 % de detalle. Si se experimenta problema con el molde al momento de sacar la pieza del mismo entonces el barro está muy húmedo y debe secarse más. Se pueden poner varios barrenos de 1.5 mm de diámetro en las partes más profundas del molde para dejar escapar el vapor que se forma al momento de soplar.

También, en lugar de poner al molde junto al horno para secarlo rápidamente, se puede dejar secar lentamente a temperatura ambiente o en una atmósfera ligeramente más fresca. Después de que se ha secado se puede hornear entre 1027.4 y 1054.9 o C. Cuando se usa esta técnica es necesario usar un agente desmoldador. Para este propósito puede usarse polvo de grafito mezclado con agua y untado con una brocha. Este molde puede usarse como diez veces con muy buenos resultados si se tiene cuidado de evitar muescas y si se cubre el molde cada vez que se use con la mezcla de grafito.

205

moldes de yeso

Los conocimientos base que cualquier moldeador debe entender a profundidad son los procedimientos generales para mezclar yeso, antes de empezar cualquier proyecto de moldeado que tenga que ver con mezclas de molde en yeso.

La mezcla ideal de yeso es una en la que las partículas de yeso estén completamente dispersas en el agua, para producir una ligadura uniforme y homogénea. Debe tenerse cuidado en controlar el tamaño de la mezcla, el diseño del mezclador, el tiempo de mezclado, la pureza y temperatura del agua y el uso de aditivos. Los moldes hechos en el invierno en un taller frío y durante los días calurosos del verano, usando el mismo procedimiento, definitivamente producirán resultados diferentes. Casi todos los talleres tienen agua caliente y fría, por lo que siempre hay que mezclar a una misma temperatura.

El contenedor para mezclar debe estar limpio y ser fuerte. Las fallas más comunes son las provocadas por usar equipo sucio en el mezclado. El dejar sucios tanto el mezclador como la cubeta hace que los restos que se queden en las aspas del mezclador y en las esquinas de la cubeta aceleren el cuajado de la mezcla que se está haciendo, por lo que:

- 1 hay que empezar con un mezclador y cubeta limpios
- 2 pesar el agua y la mezcla de yeso para moldes antes de combinarlos
- 3 usar agua de grifo limpia que esté a 21 o C <usar termómetro>
- 4 esparcir la mezcla de yeso espaclada y lentamente en el agua. No echar puñados de yeso directamente en el agua.
- 5 dejar que la mezcla se remoje dos o tres minutos antes de mezclar
- 6 mezclar con un mezclador jiffy de dos a cinco minutos
- 7 después de verter la mezcla para hacer el molde, limpiar concienzudamente el equipo.

≡moldes de yeso-chamotte-talco

Hacer un modelo de barro. Preparar el yeso y verterlo cuidadosamente sobre el modelo que está húmedo. Dejar

que el yeso se endurezca y remover el barro húmedo. Untar el negativo de yeso con una solución de jabón < disolver 210 gms de jabón doméstico en 1/4 de agua hirviendo. Dejar que se enfríe y batirlo para hasta hacer una mezcla que parezca un merengue. Dejarlo en el negativo como por media hora y remover el exceso con una brocha suave. > Repetir este procedimiento hasta que la superficie del molde esté brillante. Vertir el yeso en el negativo y dejarlo que se endurezca. Cuando se remueva del negativo, se tendrá una forma positiva de yeso que cuando quede terminada completamente, puede usarse para hacer el molde en negativo final. Cuando se haya refinado esta forma positiva con los acabados deseados, se hacen barrenos de 3/8 " de profundidad y de 1/16" de diámetro en las partes más altas de la figura. Estos serán para los barrenos de escape de vapor en el molde de soplado final.

Pintar nuevamente la forma con la solución de jabón. Colocar trozos de alambre en los barrenos. Estos trozos de alambre deben de ser de 8 cm de largo para que sobresalgan del yeso que se vierte después y así puedan ser removidos. Deben cubrirse con algún material acetoso para que puedan removerse con facilidad.

Ahora hacer una mezcla de 60 partes de yeso < por peso > y 40 partes de polvo de talco. Disolver esta mezcla en agua para obtener una consistencia buena para verter.

Vertir una capa de como 1.5 mm a la forma que tiene los alambres. Dejar que esta capa se seque y colocar sobre esta capa una malla de alambre para dar resistencia al molde de soplado. Dejar los alambres en su lugar. Esta primera capa es delgada para permitir que el artista ponga atención y que vea que cada uno de los detalles han sido cubierto con la capa de yeso y para ver que no han quedado burbujas debajo del yeso.

Después hacer otra mezcla de 60 partes de chamotte y 40 partes de polvo de yeso. Disolver esto en agua y verter una capa de 3 cm sobre la malla de alambre. Esta segunda capa es para dar la resistencia necesaria al molde. Ya que se ha dejado secar, con mucho cuidado, se remueven los alambres y se saca el positivo. Se pinta el molde negativo con una mezcla de polvo de grafito y agua. La superficie interna del molde es relativamente frágil. Este molde deberá ser secado lentamente por medio de calentarlo a 697.4 o C. Debe tenerse cuidado al soplar en el molde y éste deberá estar sobre una superficie plana y bien soportado de donde sea posible. Este molde puede usarse dos o tres veces con muy buenos resultados en relación al detalle.

≡ moldes Fondu Lafarge-Alag

Fondu Lafarge es un cemento resistente al fuego, a la abrasión y a los agentes químicos, además de ser muy fuerte. Para usarlo se comienza mezclando una parte de Fondu Lafarge con tres partes < por peso > de Alag < fino >. Se le añade agua muy limpia en la proporción de 20 cuartos de agua por 45.4 kg de cemento.

Se comienza con un positivo de yeso, que no tenga cortes sesgados o muescas, y se cubre con un medio grasoso como parafina o vaselina. Después se vierte una capa de como 4 cm de la mezcla Fondu Lafarge sobre el positivo y se deja secar por 7 horas.

Cuando la superficie se ha endurecido lo suficiente, se mete en un baño de agua tibia como por 24 horas. Esto es necesario porque el molde se vuelve muy caliente como resultado del proceso de reacción química. Después de enfriarlo se separa al positivo del molde y se hacen unos barrenos en las partes más profundas, para que por allí escape el vapor al momento del soplado.

Se deja reposar al molde por dos o tres días, después de lo cual debe calentarse muy lentamente a 1000 o C y luego debe enfriarse también lentamente a temperatura ambiente. Después se cubre con una mezcla de polvo de grafito y aceite de parafina.

Dependiendo de la forma, puede usarse para soplar, para slumping, para fundir cullet o para colar vidrio muchas veces. Cada vez que se use el molde debe cubrirse con la mezcla de grafito, el detalle es excelente.

≡ moldes de yeso sílice

Para este método, se comienza con un positivo húmedo de barro. Se mezclan 60 partes por peso de sílice y 40 partes por peso de yeso. Se añade agua hasta que se obtenga una consistencia de yeso para moldear. Con la mano se aplica la mezcla sobre el barro en una capa delgada, como de 2.54 cm, poniendo atención a los ángulos de salida y a los detalles, cuidando de que no queden burbujas atrapadas entre el barro y el yeso y cuidando de que todo quede bien cubierto por el yeso. Se coloca una malla de alambre sobre esta capa y después se mezcla dos partes < por volumen > de yeso con un a parte de vermiculita molido por volumen y añadir una pequeña cantidad de barro. Añadir agua hasta que se obtenga una consistencia cremosa y continuar moviendo hasta que la mezcla se endurezca un poco. Esto es para prevenir que los granos de vermiculite floten a la superficie de la mezcla. Se pone una capa de como 3 cm de esta mezcla sobre la malla de alambre y se deja secar y después ya se puede remover el molde de barro. La superficie interior puede limpiarse con una brocha suave y con agua. Después se pinta con una mezcla de polvo de grafito y agua.

Dos o tres días después, se calienta el molde muy lentamente a 703.7 o C y se deja enfriar también lentamente para estar listo para usarse.

Las siguientes recetas para moldes se sugieren para moldes abiertos y de una sola parte. Tienen un grano fino, pueden tallarse antes de curarse y mantienen todo detalle. Todas las mezclas son por peso.

●mezcla 50/50

una parte de yeso cerámico n. 1

una parte de harina de sílice

mezclar los ingredientes en seco antes de añadirlos al agua. Usar 50 partes de agua por 100 partes de la mezcla. Curar el molde usando el método lento. Cuando se hacen moldes grandes hay que añadir una taza de fibra aluminosilicada a 2.27 kg de agua, mezclando la fibra en el agua antes de esparcir los ingredientes secos. La fibra puede modificar o estorbar al detalle del grabado.

●mezcla diatomea 50/50

una parte de yeso cerámico n. 1

una parte de tierra diatomea

5% de primer

mezclar los ingredientes en seco antes de añadirlos al agua. Usar 60 partes de agua por 100 partes de la mezcla en seco. Es muy fácil el grabado de esta mezcla y tiene buenas propiedades de desmoldeo para los vidrios de plomo. El curado o secado puede ser más rápido que con la mezcla 50/50, cuando las paredes del molde son de 4 cm o menos. Este material para moldes ha mostrado resultados satisfactorios a más de 842.5 o C.

●mezcla h 80/20

4 partes de hydroperm

1 parte de tierra diatomea

5% de barro caolín

mezclar los ingredientes en seco antes de añadirlos al agua. Usar 80 partes de agua a 100 partes de la mezcla seca. El hydroperm debe mezclarse con un mezclador de disco, el cual meterá aire en la mezcla, haciéndolo crecer en volumen como un 70 %. El hydroperm contiene un agente espumante y cuando se mezcla adecuadamente produce celdas de aproximadamente 0.02 mm de diámetro. El hydroperm sólo mezclado uno a uno con agua incrementará 100 % de volumen. Ya que la mezcla tiene una adición de 20 % de tierra diatomea, hay que esperarse sólo un incremento del 60 al 70 % de volumen.

Las siguientes instrucciones de mezclado son para cantidades que van de 2.27 a 3.65 kg de agua, mezcladas en una cubeta de 19 litros. Cantidades menores no funcionan tan bien sin cambiar el tamaño del contenedor de mezclado y el disco.

*1 empezar con agua a 37.7 o C

*2 añadir h 80/20 por medio de rociar rápidamente el material seco sobre la superficie, tardándose aprox. 15 seg.

*3 dejar remojar por 30 seg., luego mezclar con las manos hasta que el ligamento este libre de bolas.

*4 colocar el mezclador a 5 cm del fondo de la cubeta y prenderlo. La velocidad debe ser suficiente para crear un remolino de aire abajo a distancia de 2.5 o 5 cm del fondo de la cubeta cuando el asta del mezclador esté en posición vertical.

*5 cuando se ha obtenido el incremento de volumen deseado <aproximadamente un minuto para mezclas de 2.27 kg de agua>, elevar el disco rotador y colocarlo justo debajo de la superficie de la mezcla>. Si se usa un aparato de velocidad variable, usar la veocidad más baja. Aparecerán muchas burbujas en la mezcla que tendrán que ser reventadas, para lo cual hay que elevar y bajar el disco mientras se opera a baja rotación, por un minuto.

Pasado un minuto puede removerse el molde. El modelo también puede removerse pasado ese tiempo y el molde puede colocarse inmediatamente en un horno o en una caja de secado. El secado puede tomar aprox. tres horas a 176.5 o C para un molde de 4.54 kg. Son necesario más tiempo y temperaturas más elevadas para moldes más grandes.

Enfriar el molde y llenarlo con la frita de vidrio. Si se va a usar el molde para vertir vidrio en él, hay que secar el molde por dos horas adicionales a 315 o C y enfriarlo lentamente. Esta mezcla es muy permeable, da una excelente calidad en la superficie y tiene la habilidad de dar muy buen detalle. Este tipo de moldes puede usarse exitosamente a 315.24 o C con todo tipo de vidrios.

método de colado en arena

El moldeo en arena se usa para hacer piezas de yeso que se usarán

después para hacer moldes de yeso , para usarse directamente como molde de slumping, para moldeo de crisol o como un molde para vertir directamente del crisol. La arena se forma con facilidad, es barata y un material rápido para trabajar con él.

La arena usada o arena verde es una mezcla de diferentes arenas cemidas, mezcladas con agua y barro como material ligador. El barro mantiene unida a la arena para hacerla trabajable. La arena obtiene su fuerza y valiosas propiedades de formado de la controlada mezcla del tamaño de las partículas de arena.

Una mezcla de arena verde es: 9.08 kg de olivina 120, 9.08 kg de olivina 180, 1.27 kg de bentonita < 7% > y 90.8 g de agua. Hay que mezclar muy bien la arena y el barro bentonita antes de añadir el agua, colándolo a través de una malla no muy fina para lograr una mezcla homogénea. Si se hace una mezcla de grandes cantidades, hay que guardar la arena húmeda en un bote de plástico. Hay que separar un poco de la mezcla de arena sin agua en caso de que la mezcla quede muy húmeda y tenga que secarse. Aproximadamente para 45.5 kg de arena se necesitan 3.8 litros de agua.

Para colar en arena hay que construir cajas de madera que tengan entre 17 y 20 cm de alto. Hacer un marco de el mismo tamaño de la abertura de la caja para colocar un pedazo de malla de ventana. Colocar la malla sobre la caja y forzar a la arena a través de la malla hasta que la caja se llene.

Al estar llenando la caja usar una malla de agujeros grandes para la mitad inferior de la caja y una malla de agujeros finos para la mitad superior de la misma. Si la arena se junta en el centro de la caja hay que moverla hacia los lados, teniendo cuidado de no comprimirla.

Cualquier objeto no poroso y no pegajoso se puede usar para presionarlo sobre la arena. Los modelos de barro deben tener polvo de grafito frotado sobre la superficie para evitar que la arena húmeda se pegue a los modelos. Los impresos en arena deben tener ángulos de salida. Si al retirar los modelos caen granos de arena sobre la impresión, hay que retirarlos con un q-tipo húmedo.

Si la arena preparada no va a usarse de inmediato hay que cubrirla con un plástico para que no se seque.

Ya que se tiene la impresión satisfactoria, se puede aplicar un desmoldante de negro de carbón, el cual no es absolutamente necesario cuando se desea una superficie granulosa. La arena que se pegue al vidrio se puede remover con un cepillo de alambre o con un sand-blaster.

Muy comúnmente se aplica el negro de carbón con un soplete de oxiacetileno. Se prende el soplete y se ajusta a una flama para soldar y entonces se corta casi todo el oxígeno. Esto provocará que calgan oleadas de negro de carbón de la cabeza del soplete. Hay que mantener al soplete de entre 10 y 13 cm alejado de la arena y moverlo para adelante y para atrás y de izquierda a derecha.

Los moldes profundos o muy grandes deben ventilarse, para lo cual se puede usar un lápiz. Los agujeros de ventilación evitan que las burbujas de vapor suban a través del vidrio. Las burbujas que no revientan deben calcarse con el soplete.

Hay que remover al vidrio de la arena mientras tenga un color rojo apagado. Levantar la pieza colada sobre una placa de triplay y llevarla de inmediato al horno de recalcido.

Después de colar en la arena, hay que remover cualquier hilo de vidrio o cualquier otro material ajeno. La arena puede usarse de 5 a 10 veces si se remezcla bien.

Los moldes de arena también pueden usarse para moldeo en el horno, para lo cual se usan anillos de material refractario que sostendrán a la arena. Después de presionar la forma en la arena hay que esparcir alúmina coloidal o un endurecedor de moldes. Después se seca el molde a 204-260 °C y ya que esté seco se cubre con primer y se deja secar antes de verter vidrio o de hornearlo, para lo cual se pueden usar pedazos de vidrio en lugar de vidrio líquido.

Moldes metálicos

Las diversas formas de los moldes metálicos pueden hacerse al adaptar objetos que se usan para otras cosas < ollas >. Los moldes de acero y de acero inoxidable para el slumping, los moldes de hierro fundido y los de latón fundido para prensado y los de acero y cobre para el sagging, son en general las categorías de los moldes metálicos. Los moldes para el slumping y el sagging acompañan al vidrio durante todo el ciclo mientras que los moldes de prensado, no.

Los moldes metálicos son excelentes para el slumping porque absorben y eliminan calor a una velocidad similar a la del vidrio. Si están hechos de hierro, tienden a oxidarse, provocando que la superficie se descarapele. El acero inox. es superior a otros metales, ya que no se oxida. El aluminio no es aceptable como material para moldes ya que se funde a muy bajas temperaturas. El hierro colado usualmente requiere el uso de una fábrica de fundido para su formado.

Acero

Los moldes de acero inoxidables son sin lugar a dudas los más serviciales de todos los moldes de acero. Tienen una superficie altamente pulida y no son susceptibles de descarapelarse debido a shock térmico o descuido en su manejo. Los moldes que se usan para batir en la cocina son los que se usan para slumping, porque no son caros y se consiguen fácilmente. Pueden reformarse usando varias técnicas < como pegándoles con un martillo > o pueden cortarse en varias formas con una sierra y luego ensamblarse. Otras piezas de acero inox. como tapas de sartenes, láminas y barras, son fáciles de conseguir. Para cortarlo lo mejor son las tijeras o las sierras para cortar metal. Los pedazos pueden unirse con tornillos o remaches. La lámina puede doblarse fácilmente.

El acero con bajo contenido de carbón puede formarse, cortarse y soldarse fácilmente. Este acero tiene una inconveniencia: se oxida. Esta oxidación se incrementa durante el hornado y el metal se descascara después de algunos hornados, aún con la aplicación de primer.

Aunque su uso puede provocar problemas el acero dulce es usado comúnmente. Los ángulos y tubos de este metal pueden anegarse y cubrirse con fibra de papel, y se usan para slumping o como moldes contenedores. Este acero es tan barato que cuando se empieza a oxidar y se desecha no importa, ya que se puede reemplazar. Para protegerlo hay que cubrir con primer todas las superficies que estarán en contacto con el vidrio. Calentar el molde desde 93.24 a 121 o C en el horno y luego aplicar una o dos capas de la solución de primer.

≡hierro y latón colados

Los moldes de hierro y latón colados pueden usarse como moldes para slumping, pero no es la práctica más común. La aplicación usual del hierro colado es para colar o para prensar al vidrio. En el proceso de colado, los moldes no acompañan al vidrio en todo el proceso. El molde está frío o un poco caliente < debajo de 426.24 o C >, y los objetos se retiran y se colocan en el recocedor. Generalmente no se necesita un desmoldante; el vidrio se enfría junto al metal y no se pega. Se usa un molde de una sola pieza en el que se vierte el vidrio. La pieza resbala sobre la mesa de colado y se enfría. Luego se lleva la pieza colada, sobre una paleta de madera, al recocedor. El prensado es similar, sólo que se aplica presión a la superficie del vidrio después de que está en el molde.

Un sistema de colado ingenioso: Se consiguen dos sartenes de hierro colado, una como 2.5 cm más chica que la otra. Se graba un diseño en el fondo de la sartén más chica. Se vierte el vidrio caliente en la sartén grande y se presiona la sartén pequeña dentro de la grande, formado un objeto cóncavo. Se retira la sartén grande y la pequeña se queda con el objeto el cual luego se pasa a la paleta de madera para llevarlo al horno de recocido.

Para mandar a hacer moldes colados hay que hacer un modelo de barro o de cera, se vierte resina o cemento ultracal 30 gypsum sobre el modelo, se remueve este último y se reforma la resina al tamaño y suavidad que se quiera en el molde colado. El modelo debe llevarse a un taller de fundición.

El molde debe terminarse con herramientas de pulido y lijas. Hay que dejar 19 mm de metal alrededor de la impresión que se haga del modelo y 1 cm de metal en el fondo. Se pueden hacer barrenos para colocar un asa.

>> procesos de talleres artísticos

colado con crisol

El tener un hornito de cochuera con crisoles abre las posibilidades al trabajo del vidrio: vertido del vidrio en moldes, dibujos con vidrio vertido sobre la plancha, el formado de cuerdas y varillas de vidrio, soplado de vidrio confetti y soplado de vidrio.

No es necesario el tener un horno grande para hacer cualquiera de estas cosas, ni necesario tener un horno prendido por más de una sesión de trabajo. La fundición en crisol de restos de vidrio de vitrales, vidrio flotado o vidrio de botellas puede llevarse a cabo después de cuatro horas de prender el horno.

Un hornito de crisol es un horno que contiene uno o más crisoles de barro usados para fundir el vidrio. Un crisol con una base de mullite y con 65 % de alúmina funciona muy bien para cualquier tipo de vidrio. Hay crisoles que contienen 2.27, 2.72 y 3.17 kg de vidrio fundido.

Una aspecto muy importante de cualquier crisol es su forma, especialmente si va a removerse del hornito y luego a regresarse, cuando esté vacío, para recocerse. Los crisoles sufrirán choque térmico si no se regresan al horno cuando están todavía al rojo. Los crisoles que tengan bordes con un pequeño declive y con un fondo plano son más fáciles de manejar. Regla de oro: el ancho del crisol debe ser dos tercios su altura.

Cuando se trabaja con vidrio de crisol es necesario tener un horno de recocido para recocer casi todas las piezas que se pudieran hacer, aunque las cuerdas y varillas, piezas prensadas pequeñas y el soplado muy delgado pueden recocerse en el aire o cubiertas con una manta de fibra para un recocido adecuado. Cuando se trabaja con vidrio fundido es necesario tener guantes que protejan del calor, pinzas, soplete de mano, gafas de protección y tenazas para crisoles. También una plancha para mambreado, varios tubos para soplar y un contenedor aislado con el frente abierto que pueda producir un calor intenso <glory hole>. En general es mejor trabajar en grupo o en parejas.

Para fundir el vidrio hay que machacarlo para hacer una mezcla homogénea en textura y color. No hay que esperar que el vidrio se marmolee. Cuando se combinan vidrios de diferentes fabricantes, las vetas de diferentes colores pueden significar que los vidrios no se fundieron a una temperatura lo suficientemente alta, y por lo tanto no se fundieron en un sólo vidrio y el resultado puede ser un vidrio que no se pueda recocer y por lo tanto se romperá.

Las propiedades de trabajo del vidrio son muy importantes para el artista del vidrio, pero sólo pueden mejorarse en una fundición de cullet por medio añadir materiales en bruto o por medio de mezclar vidrios con diferentes características de las del vidrio en cuestión. La temperatura del vidrio durante la fundición, el colado, el prensado o soplado es la que más afecta al producto terminado y es la más fácil de controlar.

Para aclarar un color o para rebajar la densidad se usa el vidrio de botella.

□ Vidrio marmoleado

Este proceso es relativamente fácil de hacer si se mantienen todos los restos de vidrio de diferentes colores separados, además:

- 1 machacar sólo los vidrios que se ha probado que son compatibles
- 2 no calentar al vidrio arriba de 1147 o C
- 3 usar el vidrio tan pronto como sea trabajable

Para hacer el marmoleado, se coloca el vidrio en el crisol y se funde a 1092 o C. Un crisol que se llena de cullet quedará de un medio a dos tercios lleno cuando se funde, justo como para añadirle el color para marmolear. Se preparan tiras del vidrio compatible con el del crisol, de la misma longitud de la profundidad del crisol. SE apaga el horno y se empuja la tira dentro del crisol hasta tocar fondo. Se hace más de una vez dependiendo de que tan marmoleado se quiera el vidrio. Se vuelve a prender el horno y se deja entre 5 y 10 minutos, después de lo cual, se vierte. Esto es particularmente bello cuando se usa vidrio transparente en el vidrio del crisol.

□ Hojas de vidrio

El hacer hojas de vidrio puede ser muy excitante, especialmente si se hacen cuerdas de vidrio, fritas preparadas y vidrio soplado muy delgado, antes, para incluirlos en la hoja. Las herramientas necesarias son una mesa de metal y un rodillo de metal muy pesado. También son necesarias un par de tijeras para cortar el vidrio que sale del crisol y una paleta de madera para transportar el vidrio al horno de recocido que tenga suficientes repisas para todas las hojas de vidrio que se fabriquen. Si las hojas se apilan y forman una columna es necesario un tiempo de recocido mayor. Si se apilan cuatro hojas de 3 a 6 mm de espesor que pesen de 1 a dos kg cada una con fibra de papel entre hoja y hoja, deben ser recocidas a 500 o C por tres horas, luego ser homeadas a 315 o C por ocho horas antes de que se apague el recocedor.

Se colocan las cuerdas, el confetti o lo que sea sobre la mesa de metal caliente. La mesa puede ser calentada con un soplete, ya que una mesa caliente permite algo de control del espesor de la hoja terminada. El vidrio se vierte en frente del rodillo y se esparce a los lados usando una varilla de metal. Luego se pasa el rodillo sobre el

vidrio caliente una sóla vez, presionando ambos lados del rodillo hacia el frente de la mesa conforme el vidrio es rolo. Entonces ya se puede levantar la hoja de vidrio con las pinzas y se coloca sobre una paleta de triplay húmeda y se transfiere al horno de recocido.

>>pate de verre

El pate de verre es vidrio finamente molido, formado en una pasta por medio de mezclar agua y un líquido ligador. La pasta se aplica al interior de un molde, usando una brocha o un cuchillo o por medio de untarlo con los dedos. El vidrio finamente molido puede hacerse de vidrio de colores o puede ser vidrio incoloro coloreado con óxidos metálicos o con esmaltes. Generalmente es vidrio que se mezcla suavemente conforme se aprieta en el molde en capas delgadas, resultando en sombras delicadas. El pate de verre no fluye cuando se funde. El quemado lento desarrolla el compactamiento de granos finos en un objeto sólido compacto, que tiene la rica calidad -cristalina- del alabastro o jade.

Los moldes de yeso de diferentes composiciones usados para el pate de verre se desmoronan después de la fundición. La superficie del objeto terminado es usualmente mate y el vidrio brilla con una luz interna, debido al fundido a baja temperatura de los granos de vidrio. La superficie exterior de los objetos pate de verre generalmente necesitan algún retrabajado, como el pulido o pulido con ácidos para sacar las sutiles características del vidrio interior. El pate de verre puede usarse para hacer ya sea un objeto hueco o sólido. El espesor no es lo que hace a un objeto pate de verre, lo que lo hace son el tamaño de las partículas y la calidad refractiva de la luz.

El poner cullet o pedazos de vidrio en un molde y fundirlos no siempre es pate de verre. En el proceso de pate de verre, el vidrio finamente molido se aprieta en el molde, específicamente colocando colores en algunas áreas, formando capas de diferentes colores, una atrás de la otra, para crear sombras y profundidad de color.

El quemado de los granos de vidrio se puede hacer de dos formas. La primera es la del proceso de contenedor simple, que se funde con la abertura sin tapa. La pasta de vidrio se aprieta en el molde ya sea como una pared delgada o como sólido. La segunda usa un molde interior y uno exterior que soporta a la pieza tanto por el interior como por el exterior.

En el proceso de molde simple se hace un diseño de cera o barro y luego se hace un molde de un material adecuado. Puede ser necesario que el molde que contiene a la pieza sea quemado dos o tres veces, por lo que es importante hacer un molde fuerte, con paredes de grosor uniforme de aproximadamente dos pulgadas. El molde debe tener una abertura lo suficientemente grande para permitir el acceso a todas las superficies. Si la abertura es demasiado chica, debe ser necesario hacer este molde exterior en dos partes, pegando al molde con pegamento filamentosos, después de apretar al vidrio, pero antes del fundido.

La pasta de vidrio se aplica en capas delgadas en las áreas de incisión o en donde lo dicte el diseño, eventualmente cubriendo completamente la superficie interna del molde con una capa de aproximadamente 2mm de espesor. Esta última capa puede secarse al aire o secarse con una pistola de aire caliente. Una segunda capa de 2mm a 4 mm puede añadirse sobre la primera, creando una profundidad de color y diseño. Después de aplicar la segunda capa de pasta, el objeto moldeado se quema a 375 °C debajo del punto de fluidez del vidrio. Para el vidrio de ojo de buey la temperatura es de 697.4 °C. El quemado se mantiene a esta temperatura por tres o cuatro horas hasta que el molde completo haya absorbido la misma temperatura. Después de enfriar el vidrio habrá perdido aproximadamente el 30 % de su volumen original.

Se aplican al molde capas adicionales de vidrio coloreado o incoloro hasta que el vidrio iguale aproximadamente el total de las primeras dos capas en volumen antes de que la pieza sea requemada. El segundo quemado de la pieza debe hacerse justo como la primera, haciendo que el vidrio y el molde absorban 697.4 °C. Después de que absorban esta temperatura durante tres o cuatro horas el objeto puede quemarse hasta que se endurezca completamente. O también puede ser enfriado, para que la superficie del interior de la pieza, en el caso de que sea hueca, puede ser relleno con material que mantenga a las paredes en su sitio. En el caso de platos hondos o de otros objetos de paredes redondeadas, ya que el vidrio se ha fundido, la temperatura puede elevarse a 375 °C hasta que la superficie esté brillante.

En el segundo método de pate de verre se hace un molde interno para sostener al vidrio contra las paredes exteriores. Esto puede llevarse a cabo en dos formas diferentes. La primera es por medio de hacer ambos, los moldes interiores y exteriores de un patrón original. La segunda es por medio de llenar el interior de una pieza con material adecuado después del primer quemado pero antes del quemado final.

El patrón original de barro se coloca en una caja de molde con cinco cm de espacio alrededor de toda la pieza, se hace un molde con un material adecuado después de aplicar un desmoldante y se deja secar. Después se hace un molde del interior de la pieza. Las dos partes del molde se dejan secar por dos horas y después se meten al horno por tres o cinco horas a 75 °C. Después del secado las dos partes del molde se separan fácilmente y se

remueve el patrón de barro en piezas o se coloca el molde en agua para liberar el patrón de barro.

Se puede hacer una primera capa de vidrio en el molde sin la tapa. Hay que poner suficiente volumen de vidrio para que cuando se ponga la tapa empuje y forme bien la superficie interior. Se debe poner un ladrillo en la tapa para que empuje bien el vidrio contra las paredes del molde.

Para piezas de paredes verticales o formas con curvas de revés el proceso se inicia como en el proceso anterior. Se llena el molde en capas y se consolida al vidrio por medio de quemado debajo del punto de fluidez del vidrio. Luego el interior del molde se llena con material para moldes ya usado o quemado y con fibra cortada y suavemente se comprimen contra las paredes hasta llenar la pieza. Así ya está lista para el quemado final. Este proceso es necesario para mantener el detalle del diseño y para evitar que el vidrio fluya al fondo del molde. Si la pasta de vidrio tiene buenas propiedades para llenado y se solidifica por lo menos con un quemado a una temperatura por debajo de esa a la que el vidrio madurarla se puede obtener un detalle muy fino en objetos de paredes verticales. Mientras más elaborada es la superficie del molde menor es el deslizamiento del vidrio por las paredes del mismo.

Es necesario tener vidrio finamente molido para pate de verre y así obtener la calidad de difusión del vidrio el brillo interior. Las partículas densamente apretadas contienen un mínimo de aire en la pasta, por lo que hay un mínimo de encojimiento y menos movimiento que podría provocar que el diseño se mueva de las áreas de incisión durante la fundición. El usar una mezcla de diversos tamaños de granos aumenta la calidad de llenado de la misma, y forma una mixtura más plástica que se adherirá mejor a la superficie del molde.

Para aumentar las propiedades de fusión de los moldes de yeso se puede usar vidrio de plomo a baja temperatura de fusión. Para colorear los vidrios de plomo se pueden usar esmaltes transparentes. La adición de un 10 o 20 % de esmaltes por volumen es suficiente para crear un color suficientemente denso. Es importante el ajustar el coeficiente de expansión de los esmaltes con el del vidrio base cuando se hacen piezas grandes o gruesas.

>>slumping y sagging < hundimiento y estiramiento >

El slumping y sagging son procesos que usan calor y la aceleración de la gravedad para cambiar la forma de una placa plana a una forma tridimensional. Estos términos son similares en significado y regularmente se usan recíprocamente por lo que dan lugar a confusión, así hay que hacer una aclaración de términos.

Slumping es casi sinónimo de sagging, de cualquier forma el slumping generalmente implica un doblado -sin cambio notorio- en el espesor de la sección del vidrio. Por medio de mantener la temperatura tan cerca como es posible al punto de ablandamiento de la fibra, se evita el estiramiento notorio.

Los vidrios duros generalmente se hunden a mayores temperaturas y a una rata más lenta que el vidrio suave. Los vidrios de ventana son considerados vidrios duros.

Sagging es el estiramiento descendente del vidrio, provocado por su propio peso conforme el vidrio se ablanda cuando se calienta.

Las propiedades de slumping o sagging de un vidrio en particular son únicas, vinculadas a su composición; un vidrio de una composición especial se estira o deforma por su propio peso, afectado por la aceleración de la gravedad, a una rata y temperatura determinada por su composición.

Ambos procesos deben hacerse en forma lenta, maximizando el control sobre el movimiento del vidrio.

Cuando sea posible los moldes para dichos procesos deben ser de un espesor uniforme y deben de cubrirse con primer. Estos moldes deben de secarse en tal forma que no toquen las paredes del horno y cuando se usen deben quedar ligeramente elevados del suelo del horno.

Slumping

Cuando se coloca una placa de vidrio sobre un molde y se calienta entre 697.4 y 724.9 o C el vidrio se doblará y tomará la forma del molde. El slumping debe hacerse lentamente. Generalmente es necesario hacer más lenta la elevación de la temperatura del horno a 37.4 o C para permitir que el vidrio se empape del calor. Esto uniformará la temperatura a todo lo largo y ancho de la placa profundida, lo que da una mejor y más pareja conformación al molde.

El vidrio se dobla primero en donde el vidrio no tiene soporte. Las orillas de la placa se levantarán conforme la parte central se doble o se hunda, a menos que las orillas sean muy anchas. Conforme el slumping progresa las orillas se caen y el molde se llena. En un molde cuadrado las esquinas se llenan al final.

En los moldes no porosos es necesario que se hagan algunos barrenos de ventilación. Las ventilaciones deben estar colocadas en las áreas del molde que se llenan al final. El centro del fondo siempre se llena primero, por lo que no es el lugar adecuado para ventilar el aire atrapado entre el vidrio y el molde.

Las placas que estén listas para el proceso de slumping, generalmente son más grandes, más gruesas y parejas que durante el calentamiento inicial y este vidrio se ve afectado por el molde y por el material del que esté hecho, por lo que debe ponerse más atención al calentamiento parejo del vidrio para evitar shock térmico.

Cuando el molde es cuadrado, como tiene esquinas, se requiere más tiempo a temperatura slumping para darle al vidrio tiempo para llenar la cavidad del molde, porque es mucho vidrio que se requiere que llene un área estrecha. Algunas formas requieren el uso de más de un molde. Un plato profundo es imposible de formarse por slumping en un sólo calentamiento usando sólo un molde, ya que puede ocurrir que la placa tienda a estrecharse más de un lado que del otro provocando un plato descentrado con un lado como cinco centímetros más corto que del lado contrario. O puede ocurrir que el vidrio se estire de un lado y se encoja del otro, provocando un labio irregular y ondulante. Así deben usarse una serie de tres moldes que van de menos hondos hasta el más hondo original con lo que se mantiene un control de la forma y del espesor de las paredes.

Sagging

La forma básica de sagging se hace por medio del estiramiento de dos o tres capas de vidrio, a través del hueco central de un molde en forma de dona. Este proceso generalmente se lleva a cabo durante un sólo calentamiento. Las placas de vidrio colocadas al mismo tiempo en el molde se funden aunque no completamente, conforme se estiran a través del agujero del molde en forma de dona. El vidrio se estrecha hasta que alcanza a tocar la repisa del horno y se aplana, formando el fondo de la pieza. Hay muchas variaciones de este proceso, algunas usando discos profundos y otros usando más de un agujero en el molde.

La forma del sagging se ve afectada o se desarrolla por medio de controlar muchos factores. Estos son: la composición del vidrio, la rata del estiramiento, la forma del agujero del molde, la distancia que el vidrio se estira antes de tocar la repisa o fondo del horno y la localización de las fuentes de calor dentro del horno.

No se puede establecer una temperatura para el proceso de sagging. En general el proceso se lleva a cabo entre temperaturas de 697.4 a 752.4 °C, por un periodo de 45 minutos después de que el vidrio empiece a moverse. La temperatura a la que algunos vidrios empiezan a moverse también depende en el tiempo que les toma alcanzar esa temperatura. Si un vidrio x se calienta a 724.9 °C por un periodo de dos horas, se empezará a estirar a través de un agujero de 14 cm de diámetro; si se calienta a la misma temperatura por una hora, no se estirará.

El horno más adecuado para el sagging no es el que tiene las resistencias en la parte superior. Si se usa un horno de este tipo, toda la radiación de calor de la parte superior del horno calienta al vidrio en forma pareja hasta que se empieza a mover. Conforme el vidrio se estira por el agujero en el molde, se aleja de la fuente de calor. El vidrio que esté más cerca de la parte superior del horno se mantiene caliente y se adelgaza, el vidrio adelgazado acepta al calor más rápidamente y el resultado es que el borde de la pieza terminada queda superdelgado, como una hoja de papel.

Esto no sucede cuando las resistencias están a los lados del horno o en la mitad inferior del mismo. Un horno de cerámica con dos anillos en donde las resistencias puedan controlarse < las de la parte superior e inferior > es excelente para llevar a cabo el proceso de sagging. Conforme el vidrio empieza a estirarse, las resistencias superiores se apagan y las inferiores se prenden. Esto calienta al vidrio en forma más pareja conforme se estira a través del agujero y cae al fondo del horno.

Para el proceso de sagging también se pueden usar moldes fabricados con alambres soldados.

El recocido de las piezas que se obtienen con estos moldes es muy directo, ya que muchos vidrios se recocerán simplemente por medio de dejar que el horno se enfríe a su velocidad natural. El alambre se enfría a una velocidad similar al vidrio y es afectado por el vidrio, ya que no hay ningún otro molde que provoque un enfriamiento desigual. El recocido generalmente no es problema, no importa cuan grande sea la pieza.

>>stringer < cuerdas >

Las cuerdas son filamentos de vidrio finamente estrados del diámetro de una mina de lápiz o de una cuerda. Cuando se van a requerir pequeñas cantidades, las cuerdas pueden fabricarse en el estudio. Se cortan unos pedazos angostos de láminas de vidrio, y se calientan en la flama de un soplete hasta que el vidrio empieza a hacerse en forma de bola, luego se estira entre dos pares de pinzas tanto como le permita el alcance de los brazos. La sección del vidrio es tan pequeña que se recuece en el aire sin necesidad de una operación de recocido especial.

Cuando se requieran mayores cantidades de cuerdas, se fabrican por medio de estirar vidrio de crisol. Se recoge el vidrio con la caña y se fija un extremo del vidrio fundido a un clavo de la banca, y se camina en la dirección contraria al vidrio fijo, manteniendo la caña a la misma altura de la banca. Aún mayores cantidades pueden hacerse por medio de máquinas de estrado de vidrio que lo estran hacia abajo o hacia arriba.

Las cuerdas de vidrio de más de 1/8 de pulgada de diámetro ya son varillas de vidrio y se fabrican en la misma forma que las cuerdas pero se hace a menor velocidad para obtener cuerdas con un diámetro mayor. El stringer también se puede fabricar con el glory hole.

>>streamers

Streamers son cuerdas de vidrio de forma libre que se hacen por medio de sacar vidrio con la caña de un crisol o de un horno y mientras el vidrio está manejable se bate la caña hacia adelante y hacia atrás, dejando que el vidrio se mueva libremente en forma de olas sobre un piso de concreto o sobre la placa de mambreado. Estas cuerdas de vidrio de forma libre son llamadas streamers.

Cuando ambas las cuerdas o stringer y streamers se usan en cantidades masivas, pueden fundirse unas con otras, sin ayuda o intervención de ningún otro vidrio, por lo que ese tipo de -tela- es el resultado. También pueden fundirse sobre un vidrio para dar efectos de textura más fuertes. Las cuerdas se apilan bien, por lo que el artesano puede juntar o apilar a las cuerdas lisas para formar manojos, se funde el manajo y luego se sacan rebanadas del manajo que queda como un chorizo y con un diseño especial según el acomodo de las cuerdas. Quedan como dibujos realizados con la técnica del puntillismo.

Las cuerdas pueden re-trabajarse en una flama baja para crear líneas curvas. Puede derratirse levemente y pegarse a sí misma por lo que el resultado son dibujos lineales de gran detalle, pero esta técnica requiere de práctica. Una buena manera de manejar al vidrio en esta forma es el trabajarlo sobre una placa de acero que se mantenga caliente sobre unas de resistencias. La punta de las cuerdas se detiene con una mano y con la otra se sostiene un mechero. El calentar a las cuerdas antes de que toquen la placa de metal y el empujarlas contra la placa en línea curva continua permite el efecto de un dibujo lineal controlado.

>>filigrana

Para hacer la filigrana se incorpora a un tallo de vidrio transparente un filete de vidrio de color. Se hunde la caña en el crisol que contenga el vidrio de color y se mabrea la bola que se ha retirado, con el fin de moldearla en forma de un pequeño cilindro de la longitud de un cigarrillo; este vidrio de color siempre adherido a la caña, se sumerge en un crisol de vidrio incoloro. La segunda toma envuelve a la primera y entonces se mabrea el conjunto para conseguir un cilindro tan alto como ancho. Después se recalienta el trozo, el ayudante adhiere un pontil al otro extremo y camina hacia atrás para estira la varilla hasta el diámetro deseado. Así se dispone, después de enfriadas, de varillas en las que el color es rectilíneo, primeros elementos de la caña afilegranada.

Para obtener, en proyección plana, una red de mallas iguales, el vidriero guarnece con varillas de color, alternadas con varillas transparentes, la periferia de un molde cilíndrico de metal o de tierra refractaria. Después de haber calentado el contenido casi a la temperatura del rojo, el vidriero prepara un cilindro de vidrio macizo transparente, lo introduce en el molde y prensa enérgicamente. Las varillas se adhieren, y salen del molde junto con el cilindro, en el extremo de la caña. Se calienta o se mabrea para asegurar la adherencia. El vidriero corta entonces, el extremo del cilindro, después lo toma con unas pinzas y tira de él hacia la derecha, mientras la mano izquierda hace girar la caña sobre unas varillas especiales para girar el tubo o caña encima.

Con ello la columna se alarga y los filetes de color se enrollan en espiral. Obtenida la dimensión deseada, el vidriero corta y, mientras el ayudante lleva a recoger la varilla afilegranada, recalienta, estira una nueva varilla, y así sucesivamente.

Son posibles diversas variantes de cañas según el emplazamiento, el número y el color de las varillas, y su grado de estirado. Además, se pueden combinar los motivos: por ejemplo, al introducir en el molde preparado para las varillas de cuadrícula o en zig zag el cilindro preparado para las cuentas de rosano.

Se pueden fabricar cañas que contengan filigranas de aire. Basta con introducir burbujas de aire, según un dibujo regular y seguidamente estirar y retorcer este bloque como se ha visto para las filigranas de varillas; las burbujas se alargan indefinidamente hasta formar una malla de tubitos casi capilares. Para el ojo la filigrana de aire parece plateada. El mismo efecto plateado puede ser obtenido con la introducción de las burbujas de aire en puntos predeterminados de las partes espesas de un objeto: tapón, pie o fondo de copa grueso. Se puede acritillar el vidrio con burbujas de gas carbónico, espolvoreando los objetos con carbonato de sodio entre la primera y segunda toma de vidrio, con lo que aprisionan el gas que se desprende entre las dos capas de vidrio.

>>laticinio

No es más que la aplicación al vidrio soplado del procedimiento de las filigranas. El principio consiste en tomar con una ampolla soplada las varillas afilegranadas blandadas. Hay dos procedimientos:

1 Se adorna verticalmente y de modo continuo, la periferia interior de un molde con varillas afilegranadas, alternadas a su capricho, y fijadas a una peana de tierra blanda que las mantiene en su lugar. Después de calentar, se introduce en el espacio vacío una pequeña toma de vidrio y se sopla; las varillas se adhieren a la toma

y el artesano retira todo del molde. El ayudante se apresura a asegurar el haz con un cordón de vidrio pastoso para fijar mejor las varillas a la toma de vidrio.

2 Se alinean paralelamente las varillas sobre una placa de tierra refractaria, plana y acanalada con este fin. Después de calentar, se retira la placa del horno, el vidriero sopla una burbuja de buen tamaño y la hace rodar sobre la hilera de varillas.

La continuación de la operación es la misma en ambos procedimientos: el vidriero ablanda el conjunto en el horno y lo hace rodar sobre la manbra para conseguir que sea compacto y homogéneo. Por último, para que toda la pieza esté afiligranada, abre su burbuja y la recorta en forma de cilindro al nivel del extremo inferior de las varillas; después acerca las paredes y vuelve a cerrar la ampolla, no sin reunir las varillas en un punto central desde el cual parecen irradiar. A partir de entonces, la nueva ampolla así obtenida es tratada como una toma ordinaria.

Reducido a un espesor ínfimo por el aumento de volumen, el dibujo en espiral de las varillas da cuadrículas, zigzags, cintas y sutiles juegos de curvas que se yuxtaponen en bandas verticales u oblicuas y que valieron a las piezas más finas el nombre de 'vidrio de encaje'.

>>millefiori

Con este proceso se hacen esos pisapapeles que presentan ramilletes policromos bajo la lente de aumento de un vidrio hemisférico.

El elemento básico son unos discos cortados a partir de un bastoncillo, tal como se cortan las rodajas de una longaniza. Si se desea una sección de colores concéntricos, se mabrea una toma en forma de lápiz, se sumerge en un crisol de otro color, se mabrea de nuevo y así sucesivamente hasta formar un bastón de 6 cm de anchura y 15 de longitud. Se estira entonces, evitando toda torsión, y se corta a la medida en rodajas de un centímetro de diámetro, aproximadamente, que serán pulidas cuidadosamente. Si se desea un bastoncillo cuya sección represente un motivo estilizado < estrella, trébol, mariposa, ave, rosa > se recurre a un molde largo y estrecho que se llena con vidrio pastoso. Una vez formado y retirado el bloque, se le envuelve, se le estira y se le secciona como se ha dicho antes. Por último se puede crear una multitud de motivos de mosaico mediante la yuxtaposición en un molde tubular de bastoncillos de diferentes colores, uniéndolos entre sí por recalentamiento.

Una vez reunidos los discos, o caramelos, la primera tarea consiste en distribuirlos en una armoniosa composición floral, disponiéndolos unos junto a otros sobre el fondo de un cilindro casi plano, de un centímetro de ancho por 8 o 10 de diámetro, prácticamente en una gruesa paleta de hierro fundido con un largo mango. Se tienen, para esta distribución, unas pinzas y una paleta de madera, pues el hierro no tiene tiempo de enfriarse entre dos operaciones y tiene la mayor importancia que todos los elementos estén a la misma temperatura. Se recalienta durante largo tiempo, en la boca del horno, la paleta de hierro recubierta. Después, el ayudante aplica a la composición una toma de cristal del mismo diámetro, a la que las rodajas se sueldan instantáneamente. Mientras el aprendiz regresa para preparar el surtido siguiente, el ayudante aplica una segunda toma a la otra cara del disco, procurando evitar la inclusión de las burbujas de aire. El maestro confiere al objeto su forma definitiva mediante el recalentado, el uso del rascador en incluso el alisado con una rueda de corcho.

Algunas veces, se da a los millefiori una base que evoca una cesta o unos encajes arrugados. Basta con soplar latticinio de forma esférica y calentar energícamente; el globo se abate sobre sí mismo como si se deshinchara, y se recoge la composición floral sobre esta toma.

[inclusiones

Se clasifica a menudo en la categoría de los millefiori la inclusión en una bola de cristal de piezas multicolores modeladas con pinzas: pétalos, hojas, frutas, lagartos, etc y porque las operaciones son semejantes.

Medallones, retratos, temas alegóricos o religiosos en tierra refractaria e incrustados en el vidrio son unos ejemplos. Los anticuarios suelen llamar sulfuros a estas incrustaciones porque,

en contacto con el cristal, el camafeo de porcelana fina adquiere un aspecto argenteo que evoca el del sulfuro de plata. En un molde, tallado en madera y después fundido en hierro, se vierte una composición de pasta cerámica, se cuece y se enfría lentamente. Después se calienta al rojo el camafeo, se centra sobre la base de vidrio viscoso a la misma temperatura, y se recubre con una porción de vidrio a la medida, ya que la tierra refractaria soporta sin deformación un calor que sólo ablanda el vidrio.

>>proceso para fabricar canicas

En un horno de crisol a 1314 o C se funden arena sílica, sosa y cal principalmente. Se saca vidrio del horno y se forman varillas, estréndolo <ver stringer o millefiori>. Se cortan en pedazos de 15 cm de largo y se colocan en una charola metálica, la cual es calentada hasta que los pedazos empiecen a suavizarse otra vez. Se hace rodar una burbuja de vidrio transparente sobre las cañas suavizadas, y se recogen de la charola formando un patrón determinado. Este pedazo con patrón es calentado y rolado en forma de cilindro, se calienta nuevamente y se estira hasta que tiene 1.52 m de largo y 3.81 cm de diámetro.

Después de enfríarlo lentamente, o recocerlo, se corta al vidrio en largos de 15 cm otra vez y se suaviza

nuevamente. Este vidrio suavizado se coloca en la punta de una varilla de soplar y se calienta en el glory hole <horno pequeño>. Esta punta caliente es modelada en forma de canica con una herramienta especial, se retira de la canica y se enfría lentamente durante toda la noche, para que no se agriete. Al día siguiente se lima la marca que dejó la tijera, se recalienta y se pulen con fuego. Después de ser recocidas nuevamente, el producto final emerge como banda arremolinada, remolino de caramelo, hojuela de mica, remolino de menta, final del día, listón, piel de cebolla, nube, ojo de gato, huevo de serpiente, huevo de tiburón, cebra, bola de melón, o cualquier otro tipo de canica de vidrio.

Actualmente las plantas modernas producen tantas como 350 millones de canicas al año a una rata de 200 por minuto.

glory hole

Un gloryhole es un contenedor con un frente abierto y con una fuente de calor que es capaz de producir un calor intenso. El glory hole se usa para calentamiento local y recalentado del vidrio, que usualmente se mantiene en la punta de una varilla de soplar. El uso de un glory hole permite que un fundidor de vidrio pueda fabricar cuerdas, barras con patrones distintos <flores, figuras geométricas, abstractas etc.>, vidrio fracturado < confetti >, o líneas libres como elementos de diseño a ser fundidas en trabajo de vidrio fundido.

>.barras con patrones

Las barras con patrones primeramente han sido laminadas y se funden en un hornito de fundido. Estas barras pueden formarse y estirarse usando un glory hole. Los pedazos de vidrio que se colocan en la punta de una varilla de soplado deben fundirse lo suficiente para que se vuelvan un sólo trozo, pero no es necesario tenerlos completamente fundidos. Los pedazos de láminas de vidrio pueden juntarse uniéndolos con alambre de cobre alrededor. Las láminas son escogidas para que formen un diseño. Los pedazos de láminas se colocan con un lado pegado a la repisa y se deja el otro libre para llevarlos a recocerlos. El horno se calienta a 731 o C, se mantiene así hasta que el vidrio se ha unido y después se baja a 593 o C antes de que las piezas se recojan con la varilla de soplar. Siempre hay que cuidar que se apague el horno antes de meter las varillas en el mismo para recoger los pedazos unidos de láminas.

Un pedazo cuadrado puede rolarse para hacerse redondo o puede formarse con paletas de carbón para mantener su forma cuadrada o tomar una forma triangular. El pedazo de vidrio se trabaja lentamente, recalentando y formando con paletas, luego recalentando otra vez, para mantener el control.

Cuando el pedazo de vidrio es manejado adecuadamente, se volverá más largo ya que el aire es sacado de las capas de vidrio. Cuando el pedazo de vidrio diseñado ha sido completamente fundido en el glory hole, debe ser uniforme en temperatura y lo suficientemente caliente para estirarse cuando se jala con un par de pinzas o cuando se deja colgar con un movimiento pendular. Cuando la barra tiene la longitud y la forma deseada, una lima que ha sido remojada en agua se usa para muescar al vidrio, muy cerca de la punta de la varilla de soplar, en donde es pegado el vidrio. La barra terminada se coloca de nuevo en el horno caliente y se sopla por la barra para provocar un movimiento que provoque que el vidrio se rompa por la muesca hecha previamente con la lima.

Las barras con patrones que tengan unas dimensiones de 4 (4) (13) cm pueden formarse para hacer un cuadro de aproximadamente 19 mm y de 30.5 cm de largo. El diseño permanecerá el mismo al originalmente diseñado en las láminas, pero será proporcionalmente más chico. Si la barra del patrón es muy estirada, el patrón se mantendrá igual pero será difícil de distinguir.

>.stringar

El proceso de usar el glory hole para hacer barras con patrones se aplica a hacer otras formas y diseños. Para hacer cuerdas o barras de colores se saca una pieza del hornito de fusión, se calienta en el glory hole, se le da forma en la mesa de mambreado <en forma redonda usualmente>, y después una punta se cuelga de un clavo y se estra. Si se camina lentamente se forma una varilla y si el vidrio es aplanado antes de estrarlo se forma un listón de vidrio. No tienen que reconocerse si tienen 3mm de diámetro o menos, si tienen más, sí.

>.streamers

Los streamers también pueden hacerse con pedazos de vidrio hechos con láminas de vidrio unidos con alambre que se toman de un horno de cochura, pero son más fácilmente hechos por medio de recogerse de un crisol. El pedazo de vidrio debe supercalentarse en el glory hole, se le da vueltas constantemente entre el pulgar y el índice para evitar que el vidrio escurra de la varilla de soplar. Justo antes de que el vidrio escurra de la varilla se saca del glory hole y se bate hacia adelante y hacia atrás sobre el piso de concreto. Las líneas resultantes se ven como enredadera de vid u otras líneas naturales. En una variación de este proceso, las líneas se hacen más anchas y más controladas, formandolas en una mesa caliente, moviéndolas al horno de recocado sobre una paleta de madera.

>.soplado de vidrio

Con la añadidura de un glory hole a un taller, el resultado está cerca de satisfacer las necesidades de un taller de vidrio mayor. El vidrio puede ser trabajado en su estado líquido con esta pieza simple. Pero para soplar vidrio lo mejor es construir un pequeño horno de crisol ya que la cantidad de vidrio que se puede sacar de un hornito de cochura es muy limitada. Es muy difícil y consume mucho tiempo el recoger la cantidad adecuada de vidrio para poder soplar cuando el equipo consiste sólo en un horno de cochura y un glory hole.

>.confetti

El soplado para hacer pedazos muy delgados de vidrio si se puede en el glory hole. Estos pedazos a veces se funden con hojas de vidrio, creando un efecto de confetti. Este vidrio se hace por medio de tomar vidrio cuando está bien caliente y se le inyecta aire comprimido suficiente para estrechar una burbuja del delgado del papel. Después de que la burbuja es enfriada al aire se rompe y los chips pequeños pueden fundirse en otro vidrio. Las fracturas cambiarán de forma si se funden en la superficie del vidrio, pero mantendrán su forma si se colocan si se cubren con una hoja de vidrio y se colocan en el horno de fundido.

~operación y seguridad del glory hole

El horno de cochura debe estar lo suficientemente cerca del área de trabajo del glory hole para que el vidrio no se caírae o fracture al enfriarse mucho en el camino del horno al glory hole. Son necesarias dos personas, antes de que una sólo pueda realizar todos los movimientos.

Para prender un glory hole:

- 1 mantener el tanque de propano de 2 a 3 atrás del glory hole. Mantener libre el camino al tanque. Se puede apagar el gas en el tanque.
 - 2 tener siempre una manija de encendido/apagado cerca del quemador y separada de la válvula principal de encendido/apagado del tanque.
 - 3 operar el quemador desde el quemador, no desde el tanque.
 - 4 prender el soplador de aire y cubrir la mitad del orificio de entrada. Esto merma el volumen de aire.
 - 5 prender el gas en el tanque, no en el quemador.
 - 6 prender un soplete de propano pequeño para prender el quemador, no se use un cerillo. Mantener la flama enfrente del quemador, pero no tan cerca que el aire apague la flama.
 - 7 prender el gas en el quemador a la mitad. El quemador debe prender de inmediato, a menos que la línea de gas esté llena de aire. Mientras la flama del soplete esté prendida, no hay riesgo alguno.
 - 8 ajustar el gas para que una pequeña flama <fuego fatuo azul- amarillo> pueda verse prendida fuera del hoyo al frente. Después de que el glory hole esté al rojo vivo en la superficie de la fibra <como dos minutos>, ajustar para sacar más aire por medio de abrir la faja de protección del soplador.
 - 9 es posible alcanzar la oxidación o reducción con un quemador de gas. Cada una de estas condiciones calentará la cámara diferentemente y afectará al vidrio diferentemente. El conocimiento práctico sobre la atmósfera y temperatura del glory hole es lo que es de mucha utilidad.
 - 10 cuando se apaga el glory hole, hay que apagar el gas primero, dejando el aire saliendo por cinco minutos.
- Es recomendable tener siempre a la mano un par de guantes resistentes al calor. La varilla de soplar puede enfriarse con agua si se moja a 15.25 cm del vidrio, sin provocar choque térmico en el mismo. No hay que dejar que el glory hole trabaje inatendido, a menos que se tengan válvulas de apagado de seguridad y si se tienen al glory hole debajo de una campana metálica. Siempre hay que usar tentes de seguridad al trabajar con el glory hole.

>>stacking < apilamiento >

Las técnicas de stacking pueden visualizarse fácilmente si se corta la pieza a través y se mira el canto. Se ven las capas alternadas y entrelazadas.

El proceso se realiza fundiendo tiras de vidrio de catedral en grandes espacios. Los diseños de tiras fundidos se cortan en tiras más anchas y luego se reapilan. Cada proceso de apilamiento crea un patrón individual que es único en color y forma, ya que los colores no se funden, intensifican o cambian de matiz cuando se mira un corte del fundido original.

>>otras técnicas

>.alambre

Se pueden hacer cuentas de vidrio de diversas formas por medio de fundir vidrio sobre alambre de cobre que luego se funde o estira para reducir su diámetro y así obtener el agujero de la cuenta. Estos diseños se obtienen a base de fundir diferentes tipos de alambre y hojas metálicas, para lo cual se debe probar cada alambre para ver su compatibilidad con el vidrio que se usa.

>.vidrio incrustado

Se pueden utilizar elementos preformados de vidrio para crear diversos efectos en las piezas, como por ejemplo en este plato en el que los efectos visuales de la dimensión del color dentro del vidrio son creados por medio de afectar el tinte, la saturación y ligereza del color. El uso de estos efectos da al objeto terminado una cierta profundidad, sugiriendo un frente y un fondo. Generalmente esta técnica sólo puede usarse cuando se usa un vidrio lo suficientemente transparente para mostrar al vidrio que hay debajo y es más efectivo en proyectos que vayan a tener una luz por la parte de atrás.

>.vidrio triturado

El vidrio triturado puede usarse en **añadidura a una superficie esmaltada, por medio de mezclarlo con el esmalte antes de aplicarlo; o puede ser aplicado selectivamente a superficies que ya tengan esmalte.** También puede usarse como decoración por sí mismo en donde puede crear una superficie con textura, la cual puede ser realizada con esmaltes. En la escala de estas fundiciones de superficie, la compatibilidad no es mucho problema. Es posible variar la mezcla de los tipos de vidrio de la superficie y si ocurriera alguna grieta es imposible que se extienda al cuerpo mismo de la hoja de vidrio y por otra parte, crearía un efecto interesante en la pieza. Esto sólo si el grano del vidrio no es muy grande y si la fusión del mismo no es muy profunda. Si se calienta para fundirse a muy altas temperaturas se hundirá debajo de la superficie del vidrio y provocará tensiones a las partes vulnerables del vidrio. Se verá que tanto el esmalte como el vidrio están ya fundidos cuando empiecen a brillar levemente. Los esmaltes tienen una temperatura de fusión fija pero la mezcla ya no la tendría por lo que hay que cuidar a la pieza visualmente.

>.esferas ballotini

Las esferas ballotini que se utilizan en aparatos científicos son muy útiles y se obtienen en vidrio sosa cal o vidrio de plomo en una gran variedad de tamaños que van de 1 a 10 mm. Se obtienen de proveedores científicos por kilo y ofrecen una gama muy amplia de efectos de textura, por sí solas o junto con esmaltes.

>.choquiro

Otra fuente de textura es la chaquira que se obtienen en una gran gama de colores opacos y transparentes y de dos o tres tamaños.

>.recortes

El vidrio plano mismo puede tener una muy rica superficie cuando se funde a piezas cortadas, barrenadas, serradas o trituradas.

LDI Renato Garza, LDI Ana Thiel, Dr Víctor Castaño,
Dr Juan de Ovando, M Carlos Ramírez,
Dr Ernesto Cárcamo, Sr José Antonio Pavón, Sr Saavedra,
Lic Orozco, Ing Graciano Cantú, Ing Jesús González,
M José Antonio Hidalgo, M Sergio Luna, M Agustín Moreno,
M Alejo, sinodales y familiares

gracias por su ayuda en la realización
de este trabajo

La bibliografía utilizada en el anexo corresponde a los números:

**2, 4, 5, 6, 8, 14, 15, 17, 19, 21, 24, 26, 27, 32, 35,
36, 37, 39, 47, 51, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 61, 64,
65, 66, 67, 68, 70, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 80.**