

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

00170

20/1/70
11/1/70



PLASTICOS : UN TEXTO PARA DISEÑADORES

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN DISEÑO INDUSTRIAL PRESENTA:
FRANCISCO JAVIER GONZALEZ MADARIAGA

POSGRADO EN DISEÑO INDUSTRIAL
FACULTAD DE ARQUITECTURA, U.N.A.M.

FALLA DE ORIGEN
1995

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



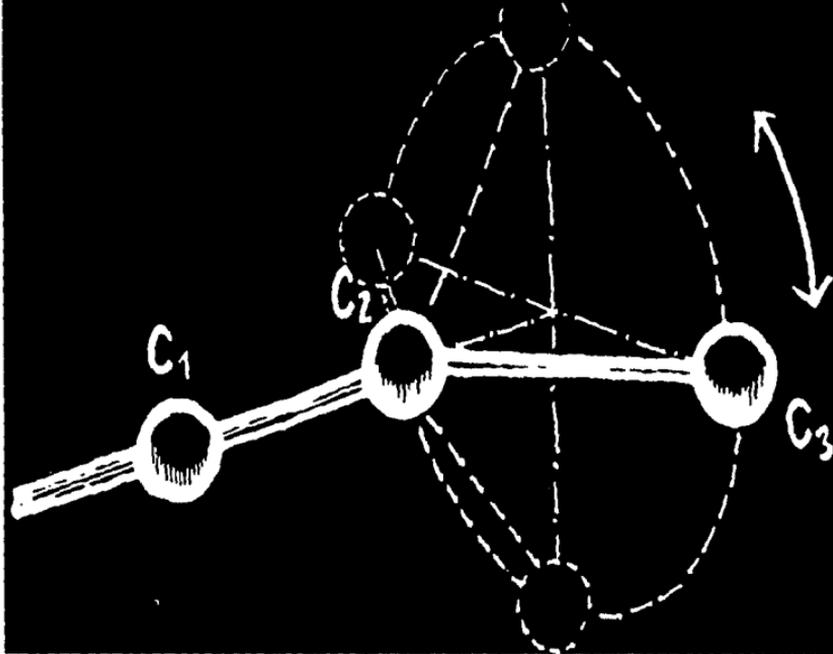
UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

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.

PLÁSTICOS



Un texto para diseñadores

Tesis que presenta:
Francisco Javier González Madariaga
para obtener el grado de
Maestro en Diseño Industrial



Posgrado en Diseño Industrial,
Facultad de Arquitectura, U.N.A.M., 1995

Director de Tesis
M.D.I. Fernando Martín Juez

Sinodales
Prof. Horacio Durán Navarro
Dr. Miguel Eguiluz Senior
M.D.I. Angel Mauricio Grosó Sandoval
Dr. Oscar Salinas Flores

Dedicatorias y Agradecimientos

*A Ivonne, ejemplo de amor, apoyo y respeto.
A nuestros hijos, Francisco Javier y Luis Fernando.
A mis padres, Francisco y Marcela, y,*

a la paciencia de todos...

**Quiero agradecer en todo lo que vale la amistad y desinteresada ayuda del
D.G. Francisco Mullert Carlin en la elaboraci3n de este documento. Gracias Pancho.**

SUMARIO

El documento está formado por dos partes. La primera, trata sobre la enseñanza en nuestras Escuelas de Diseño Industrial de los materiales y procesos de Transformación, buscando orientar el análisis siempre hacia la problemática particular de los Sintéticos. Con ello no se pretende la generación de una didáctica de la materia sino el ordenamiento de algunos factores que intervienen en su práctica y que nos permiten el paso a una propuesta concreta que cooperará a mejorar su impartición: Un libro de texto sobre los materiales plásticos para estudiantes de Diseño Industrial. Este último ocupa en su totalidad la segunda y parte final de la tesis.

ÍNDICE GENERAL

SUMARIO

PARTE PRIMERA

I. La enseñanza de los Materiales y Procesos en nuestras escuelas de Diseño Industrial.

1. Materias especializadas
2. Ejercicios de taller
3. Ejercicios de diseño
4. Particularidades acerca de la enseñanza de los materiales plásticos.

II. Un texto para la enseñanza de los plásticos en escuelas de Diseño Industrial.

1. ¿Que tiene que aprender el alumno?
2. ¿Donde el alumno aprenderá?
3. Estructura del texto

PARTE SEGUNDA

**-MATERIALES PLÁSTICOS. Un texto para estudiantes de Diseño Industrial.
(Contiene índice propio).**

PARTE PRIMERA

LA ENSEÑANZA DE LOS MATERIALES Y PROCESOS EN NUESTRAS ESCUELAS DE DISEÑO INDUSTRIAL.

Las formas como se enseñan los Materiales Plásticos a los estudiantes de Diseño Industrial queden englobadas en una práctica más amplia y compleja, esta es la de impartición de la materia relacionada a los "Materiales y Procesos Industriales" que bajo diversos nombres y variantes en su modelo, se estructuran en todos los programas de estudio de todas las Instituciones que manejan la Licenciatura. Este panorama será nuestro punto de partida, para después enfocarnos a los problemas específicos que atañen a la enseñanza de los Plásticos.

La educación sobre los Materiales y Procesos Industriales o de Transformación en nuestras escuelas de Diseño se da de varias maneras que cambian de intensidad según el centro educativo de que hablemos, aunque podemos considerar que las condiciones que guardan no difieren significativamente unas de otras. Distinguímos tres bloques como principales prácticas de enseñanzas:

1.- MATERIAS ESPECIALIZADAS

Previa división del espectro de los Materiales que -comúnmente- son; Maderas, Metales, Plásticos y Cerámicas. Se otorga a cada uno de estos en asignaturas donde se imparten clases teóricas y prácticas en cursos que usualmente no comprende más allá de un semestre académico cada uno.

En estos los alumnos:

- Conocen las características fundamentales del material que se trate.
- Estudian algunas formas en que estos materiales pueden ser transformados en productos industriales. Conocen a través del manejo de información los términos técnicos relacionados.
- Realizan visitas a fábricas y talleres donde observan lo antes revisado en teoría para finalmente reafirmar los elementos medulares de los procesos por medio de un reporte escrito.
- Realizan investigaciones rápidas acerca de temas particulares del material motivo del curso que se exponen grupalmente o para su aplicación en un tema de diseño particular.
- Finalmente esos cursos se complementan con otros cursos a lo largo de la carrera acerca de temas como máquinas, mecanismos, resistencia de Materiales y temas afines.

Sobre esta práctica algunos comentarios son oportunos;

La duración de los cursos. Considerando la amplitud del conocimiento útil disponible que es de interés para el diseñador para cada material, y aunque los objetivos del curso son modestos, no pueden ser satisfactorios sus alcances debido principalmente al corto lapso de tiempo asignado y en el cual rara vez se cumple lo planeado.

Los docentes

Los profesores encargados de la impartición de la materia en turno usualmente no son especialistas en la misma y en el mejor de los casos son "Generalistas" de los materiales. Como es común a otras labores docentes, su carga de trabajo se reparte a diversos grupos y en diversas materias y niveles, además, hay que decirlo es muy probable que tenga otro trabajo más fuerte de las aulas.

Todo esto hace que la preparación de las clases se haga en forma poco satisfactoria que muchas veces llega a una repetición de lo que el profesor aprendió (no siempre corregido y aumentado) y a un estancamiento del cuerpo de conocimientos del curso.

2.- EJERCICIOS DE TALLER

La enseñanza de los Materiales también se apoya en clases prácticas y que se traducen en ejercicios específicos de taller y que pueden o no tener relación con otras asignaturas. El éxito de estas actividades estriba en:

- La existencia del espacio físico para la realización del trabajo.
- La disposición del equipo, máquinas y personal técnico de asesoría.
- De darse todos estos recursos; que resulten suficientes para la población estudiantil que los requiere.

Partamos de la ficción de que los mencionados se cumplen a satisfacción, las habilidades y conocimientos ahí generados resultan de validez limitada ya que el alumno si no es cuidadosamente dirigido confundirá las facilidades tecnológicas de su escuela con aquellas de la Industria, que provoca entre otras cosas, diseños sin atractivo para las Empresas y lo peor un desperdicio de posibilidades que los materiales pueden ofrecer al modificar el escenario de su transformación.

3.- EJERCICIOS DE DISEÑO

La labor proyectual se ejercita de varias maneras que difieren en objetivo y profundidad pero en todas ellas sin duda, se manejan Materiales y Procesos. Estos ejercicios son principalmente Tésis, Talleres de Diseño y Ejercicios de Aplicación Tecnológica donde el alumno profundiza a través de la investigación en uno o varios materiales o bien en un proceso específico. Diversas son la fuentes de donde se nutre la investigación, pero usualmente son las Bibliográficas y visitas a centros Industriales relacionados a la temática del proyecto.

Esta forma de aprendizaje muestra características de nuestro interés:

-La repetición de temas a trabajar es usual en las escuelas. Por lo cual la investigación llega a caer en resultados "típicos" así esta labor llega a considerarse ("fácil y para el final") de segunda importancia.

-La poco probable producción de estos proyectos representa un magnífico "nicho" (conciente o inconciente) para alumnos y profesores que permite dejar en un plano de menor importancia a los materiales en aras de aspectos "más importantes".

- La investigación requiere de la formación de un investigador (todo universitario debe serlo). Nuestras escuelas no se distinguen por despertar ese espíritu en su alumnado ni por ofrecer herramientas metodológicas de utilidad que el mismo necesita. En buena parte de aquí, la renuencia a desempeñar este trabajo más allá de lo estrictamente necesario para obtener una nota aprobatoria.

4.- PARTICULARIDADES ACERCA DE LA ENSEÑANZA DE LOS MATERIALES PLÁSTICOS

La labor de enseñanza en el área de los Plásticos no escapa a ninguno de los tres puntos antes revisados aunque presenta algunas variantes:

- Sobre la duración de los cursos.

Para entrar de lleno en la materia los plásticos requieren de una preparación mayor que otros materiales. La riqueza de sus posibilidades necesita de la comprensión de su naturaleza para que el diseñador proponga objetos innovadores y realizables en la industria. Así los periodos asignados a la materia son a ojos cerrados, insuficientes para lograr una capacitación aceptable en el alumno.

-La Docencia

Junto con las cerámicas y los textiles los plásticos padecen graves carencias en lo que respecta a la disposición de profesores y técnicos especializados. Salida forzosa para este problema es la improvisación de profesores con las consecuencias ya expuestas.

-Los ejercicios de Taller

Para la realización de ejercicios en plásticos la situación es más compleja que para otros materiales, ya que a las características revisadas en párrafos anteriores (punto No. 2) hay que agregar las siguientes:

La maquinaria y equipos necesarios para el trabajo en el Taller de Plásticos es normalmente de alto costo y de poca versatilidad, comparada con otros, ya que cumple con un sólo proceso (por ejemplo una inyectora sólo es útil para ejercicios de inyección) a diferencia de una fresadora o un torno, que realizan diversas funciones en varios materiales.

Debido a esto hace que su adquisición o mantenimiento no figure usualmente en los ya de por sí *raquíticos presupuestos* de las escuelas.

Muchas veces la realización del ejercicio implica *la fabricación previa de un molde* que aunque sea sencillo son laboriosos en su manufactura, por lo que es común que el tiempo asignado al ejercicio se consuma en esta atapa.

Resultado de todo esto *los ejercicios se limitan a la obtención de artesanías de plástico* muy alejadas de la producción industrial y que contribuye a crear en el alumno la imagen de un material inaccesible para él.

Así la enseñanza de los Materiales y de sus Procesos de Transformación (a lo cual pertenecen los Plásticos) en nuestros centros de formación de Diseñadores no puede ir más allá que generar conocimientos superficiales los cuales resultan insuficientes en la práctica, *si práctica la definimos como el trabajo de diseñar objetos que la industria puede fabricar y comercializar exitosamente.*

Las frágiles bases sobre las que se fincan los conocimientos que sobre Materiales, Procesos de Transformación, y otros temas relacionados con la Producción tiene el Diseñador Industrial en ciernes, resultan en un verdadero obstáculo para que la profesión tome un lugar propio en la Industria. Lugar que no tiene (paradójicamente) por más que los diseñadores pretendamos convencernos nosotros mismos de lo contrario.

Para ello es menester que el egresado tenga la capacidad de conducir por todo sus etapas un proyecto y sobre todo **HACERLO REALIDAD**, esto es en otras palabras, un **CONCRETADOR** no un **PROYECTISTA** lo que obliga entre otras habilidades a un ágil manejo de los Materiales y sus formas para transformarlos. Es intención fundamental de este trabajo el de cooperar a mejorar la formación en el área a través de una aportación concreta: un **Texto de Apoyo para la Enseñanza de los Materiales Plásticos y sus Procesos de Transformación.**

II. UN TEXTO PARA LA ENSEÑANZA DE LOS PLASTICOS EN ESCUELAS DE DISEÑO

A diferencia de otras profesiones como la Medicina y las Ingenierías que muestran una marcada afinidad con campos científicos bien acotados, el Diseño Industrial se distingue fácilmente por su carácter multidisciplinario. Este incremento en forma notoria la complejidad del ya de por sí borroso modelo de enseñanza, y entre sus muchos efectos encontramos la insuficiente cantidad de recursos bibliográficos propios.

El incansante aumento de estudiantes de Diseño, diseñadores y gente interesada en el área no se refleja en la *disposición cualitativa de textos*, en especial de publicaciones técnicas dirigidas a esta comunidad. Entre otras las causas son el poco desarrollo del Diseño Industrial en nuestro país, la insuficiente labor de investigación y la falta de Recursos en nuestros centros de enseñanza.

Así, estudiantes y profesionistas del Diseño carecen de información tecnológica hecha para ellos y que es evidente en el área de materiales plásticos donde la literatura empleada para su enseñanza proviene de otros campos como las Ingenierías Química, Mecánica e Industrial principalmente. Esto dificulta la asimilación de los conocimientos necesarios para el desarrollo de un producto fabricado en plástico, lugar en donde nuestra propuesta toma cuerpo:

Este Trabajo responde a la problemática hasta ahora analizada y coopera a su solución. Para esto nuestros objetivos se plantearon así:

OBJETIVO GENERAL

Proponer un documento que proporcione firme apoyo teórico al estudiante de Diseño Industrial sobre Materiales Plásticos y así cooperar al mejor aprovechamiento en cursos, talleres y visitas a Industrias.

OBJETIVOS PARTICULARES

Estructurar el cuerpo de información del texto de manera que resulte atractivo para el Diseñador invitándolo a profundizar en el tema.

Proponer un apoyo para el profesor encargado de la materia ofreciendo una estructura didáctica establecida

Optimizar el uso del tiempo destinado al curso de Plásticos por medio del uso de un sólo texto básico.

DESARROLLO DEL GUIÓN O TEXTO

Este trabajo NO se dirige hacia la formación de un especialista o un técnico sino a crear un cuerpo de conocimientos en el alumno que le motive a acudir a textos especializados con la seguridad de que sus bases son firmes y que le permitirán aprovechar la información ahí desarrollada.

Para la estructuración del texto, dos fueron los cuestionamientos torales que la definieron.

1.- ¿QUE TIENE QUE APRENDER EL ALUMNO?

Para contestar ésta difícil pregunta se recurrió a pláticas con profesores y coordinadores de área, también nos auxiliamos de algunos textos por ellos usados y de la experiencia propia. Lo que generó los siguientes puntos a considerar:

-Ofrecerá una amplia visión de los Materiales como unidad y piedra angular para el Desarrollo social. Esto impedirá ver los problemas de ellos, por ejemplo el de la *disponibilidad* de los mismos, como uno aislado sino como un conjunto de factores que no sólo afectan a los plásticos sino a los materiales en su totalidad.

-Debe comprender los conceptos generales de la *naturaleza molecular de los plásticos* buscando siempre su relación con las propiedades que afectan a un producto con el fabricado.

-El texto debe ofrecer *información básica, general pero ante todo útil* acerca de los tipos de plástico y métodos de Transformación. Siempre apoyándose en ejemplos de las aplicaciones usuales de los mismos. Para el caso de las Resinas la explicación no debe ser una gran cantidad de datos en tablas y gráficas sino información accesible considerando los antecedentes (el estudiante de Diseño Industrial en especial sobre materias como Química y Física que en el mejor de los casos son elementales).

-Se planteó la necesidad de ofrecer un conjunto de criterios que guíen al lector en el Proceso de Selección de una resina para un proyecto determinado.

-Sobre las técnicas de Transformación. Deberán ser explicaciones en lenguaje sencillo al igual que las ilustraciones que las acompañen. Partirá de las aplicaciones del Proceso, ubicará ventajas y desventajas del mismo, se aplicará principal pero no exclusivamente a las comunes en nuestro país.

-La exposición sobre las técnicas de Transformación no debe limitarse a las bases del Proceso y las Máquinas, sino que es de desearse desarrollar un cuerpo de conocimientos muy *elemental pero ilustrativo, sobre moldes y herramienta*.

-Las fuentes Bibliográficas usadas serán *títulos de fácil acceso* en términos de lugares de consulta o de compra así como de contenido.

-La extensión del documento no debe limitarse a la duración del curso y *se permitirá el uso de capítulos por separado*.

2.-¿ EN DÓNDE APRENDERÁ EL ALUMNO?

El texto está dirigido a su utilización únicamente en clases teóricas puesto que no podemos pretender que todas las Instituciones cuentan con los mismos recursos humanos y maquinaria, por lo cual cada una en atención al curso, recomendará las visitas a Fábricas, Talleres de Moldes y Plantas productoras de Plásticos. También cada centro educativo podrá:

-Plantear *ejercicios* de acuerdo a sus posibilidades

-Favorecer la utilización de *simuladores* hechos para apoyar las explicaciones teóricas o bien alegarse maquinaria de desecho y moldes inservibles para funcionar como ejemplos.

-Proponer la colección de materia prima y objetos fabricados en Plástico de acuerdo al tipo de resina y proceso empleado para su moldeo. De aquí el alumno identificará estos elementos y mencionará el porqué de esta colección además de que otros pueden satisfacer a las necesidades del objeto de diseño.

Por último mencionaremos que las ilustraciones favorecen con nuestra a grupos por medio de aparatos para la proyección de cuerpos opacos.

3. ESTRUCTURA DEL TEXTO

Finalmente, el Texto está estructurado en seis grandes bloques que abajo se explican:

BLOQUE I. MATERIALES

Comprende el capítulo 1

Se muestra aquí la importancia de los Materiales para el desarrollo de la Sociedad. Hace incapié en la problemática dada entre la disponibilidad y consumo de los Recursos necesarios para la producción de Materiales Plásticos.

BLOQUE II. HISTORIA

Comprende el capítulo 2

En forma breve narra desde sus inicios los hechos y descubrimientos que han dado pie a la Industria de los Plásticos, esto como un interesante punto de partida para su mejor comprensión y valoración.

BLOQUE III. ESTRUCTURA MOLECULAR

Comprende los capítulos 3, 4, 5 y 6

Siempre buscando la relación *propiedades* del material con su *estructura molecular*, se exponen aquí los fundamentos que permiten entender y hasta predecir el comportamiento de un plástico.

Se muestra en forma elemental y generalizadora las propiedades de los Materiales Plásticos así como las principales pruebas a las que son sometidos para su valoración.

BLOQUE IV. PETRÓLEO Y PETROQUÍMICA

Comprende los capítulos 7 y 8

Aquí se profundiza en la Industria Petroquímica como la generadora de la materia prima para fabricar los plásticos. Finaliza con una revisión de la estructura productiva del Sector en nuestro país y la división de los Plásticos por su Consumo.

BLOQUE V. RESINAS

Comprende el capítulo 9

Asociando siempre ejemplos de aplicación con cada tipo de resinas, se bosquejan las características que son de interés para el diseñador. Se agregan consideraciones acerca de las formas usuales para su transformación en objetos.

Punto de importancia de este bloque es aquel que relacionado con los que hacemos llamado *materiales auxiliares* que permiten el uso del plástico como lo conocemos, así nos detendremos para hablar de *aditivos, mezclas y aleaciones*.

BLOQUE VI. TECNOLOGÍA DE TRANSFORMACIÓN

Comprende los capítulos 10, 11, 12 y 13

El diseño de un producto a fabricantes en plástico implica conocimientos más allá de las características de la materia prima.

Para iniciar el bloque se dirige directamente a una exposición particular de cada técnica usual en la Industria Transformadora de Plásticos la cual para su mejor comprensión y utilidad se le relaciona constantemente con aplicaciones típicas de la técnica en cuestión.

Al finalizar este punto estaremos en posibilidad de manejar los elementos hasta ahora estudiados para realizar una selección de materiales seria y profesional. Con el fin de apoyar este proceso se exponen la secuencia y elementos principales a considerar durante un proceso de Selección.

Posteriormente se muestran los fundamentos del diseño a detalle de un producto a fabricarse de plástico desde la ubicación del plano de partición de un molde, hasta las peculiaridades que facilitarán el armado y terminación del objeto.

Por último, se analizan las características elementales de las herramientas que darán forma al material; conocimientos que facilitan el trabajo del diseñador y mejoran la comunicación con aquellos encargados de la fabricación de moldes y dados.

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

Martín Juez, Fernando

La Enseñanza de los Materiales y los Procesos en Diseño Industrial

Estudio de un caso: La Cerámica.

Tesis de Maestría

UNAM 1987. México

PRÓLOGO

Plásticos. Un texto para diseñadores, es el producto de dos inquietudes: la primera resultante de las experiencias vividas por largo tiempo en la impartición de la materia y que señalaban nítidamente desde un principio la conveniencia de un trabajo de las características que aquí se presentan. Pero en especial lo es de la inconformidad ante el torrente de publicaciones sobre temas selectos de la materia que sin importar su copiosa aparición resultan inaccesibles en contenido y costo para los novicios en el tema.

Aquí se recopilan elementos históricos, sociales, científicos y principalmente tecnológicos a fin de exponer al lector un amplio pero práctico panorama acerca de estos sorprendentes materiales así como también de las técnicas que nos permiten darles formas útiles.

Nunca deberemos de perder de vista que este es antes que nada un texto introductorio que no trata los temas en forma exhaustiva y que bien si puede omitir algunos, no se pretende tampoco la futilidad de ser un banco de datos con interminables columnas de propiedades, cifras y abreviaturas. El objetivo resulta bastante más modesto: *cooperar en el alumno de diseño industrial a la formación de un sólido cuerpo básico de conocimientos al respecto de los materiales plásticos que le dirija y motive acercarse a las publicaciones más especializadas.*

La intención en este libro es relacionar siempre que sea posible, a los temas tratados con ejemplos de aplicaciones cotidianas fácilmente reconocibles. Las ilustraciones que acompañan al texto se han simplificado notablemente aunque no por ello han perdido su validez ni seriedad.

El libro se estructura en Bloques Temáticos que formados a su vez por uno o varios capítulos exponen una parte específica de conocimientos relacionados al material que nos ocupa, cada uno de ellos puede ser revisado en forma independiente a los demás sin alterar la secuencia general del texto y que sigue el orden abajo mostrado.

Bloque 1. *Materiales* *Capítulo 1*

Se plantea la importancia de los materiales y por ende de los plásticos como la piedra angular para el desarrollo de la sociedad.

Bloque 2.*Historia**Capítulo II*

En forma breve y amena narra desde sus inicios los hechos que han dado pie a la Industria de los plásticos, esto mismo como un interesante punto de partida para su mejor comprensión y justa valoración.

Bloque 3.*Estructura molecular**Capítulos III, IV, V y VI*

Buscando la relación que se da entre las propiedades de un material con su estructura molecular, se exponen los fundamentos que permiten entender el comportamiento de un plástico y las principales pruebas que lo califican o no para una aplicación determinada.

Bloque 4.*Petróleo y Petroquímica**Capítulos VII y VIII*

Se muestra aquí desde sus orígenes el camino que siguen los plásticos desde la explotación petrolera hasta la industria transformadora.

Bloque 5.*Plásticos**Capítulo IX*

Asociando ejemplos comunes de aplicaciones para cada tipo de plástico se describen las características de interés para el diseñador y se ofrecen algunas consideraciones acerca de los procesos usuales para su transformación.

Bloque 6.*Tecnología de Transformación**Capítulos X, XI, XII y XIII*

El diseño de un producto que se fabricará en plástico implica el conocimiento más allá de las características de la materia prima.

En forma clara y ordenada se exponen una a una las técnicas básicas para la transformación de plásticos, después se tratan los elementos fundamentales que intervienen en el proceso de selección de uno de estos materiales en aplicaciones definidas.

Por último se hacen importantes consideraciones acerca del trabajo de diseño a detalle enfocado hacia el taller de producción y que se complementa con un análisis de los moldes o herramientas que darán forma al material.

Al terminar la revisión de este libro seguramente el alumno habrá desarrollado una firme noción de lo que son los plásticos, de lo que se puede —o no se puede— hacer con ellos, le ayudará a decidir cuando ellos significan una válida aportación a un proyecto de diseño así como también a facilitar la comunicación con los especialistas del ramo. En una palabra habremos "desmitificado" al material ante los ojos del estudiante.

Muchas ideas o proyectos prometedores son apartados por ignorancia o por miedo a tratar seriamente con los plásticos, aunque también es prudente reconocer que su uso en forma inconciente puede conducir al fracaso. Si cooperamos a corregir aunque sea modestamente esta situación en los estudiantes y diseñadores habremos satisfecho ampliamente las expectativas de este trabajo.

Muchas veces he pensado que seguramente existe un camino para averiguar como hacer un compuesto artificial y pegajoso que se parezca mucho a ese excremento con el que el gusano de seda teje su capullo..

Roberto Hook, 1664

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS PRÓLOGO

CAPÍTULO I. EL HOMBRE Y SUS MATERIALES

Introducción

1. ¿Materiales?
2. Los Recursos
3. Los límites del crecimiento
4. Ciencia e Ingeniería de los materiales

CAPÍTULO II. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Introducción

1. Los comienzos
2. La química industrial
3. Totalmente nuevos
4. El caucho
5. El impulso de la guerra
6. ¿Y los procesos?. Algunas notas históricas
7. Crédito y Gloria

CAPÍTULO III. ESTRUCTURA MOLECULAR DE LOS PLÁSTICOS

Introducción

1. Generalidades sobre la estructura de los materiales
2. Los enlaces entre los átomos
 - 2.1 El enlace metálico
 - 2.2 El enlace iónico
 - 2.3 El enlace covalente
 - 2.4 Fuerzas intermoleculares o de Van der Waals

CAPÍTULO IV. ALTOS POLÍMEROS

Introducción

1. ¿Plásticos?. ¿Que son?
2. Un esquema de clasificación
3. El carbón
4. Polimerización

CAPÍTULO V. LA ESTRUCTURA MOLECULAR DE LOS PLÁSTICOS.

Introducción

1. Los polímeros como estructuras
2. Estados físicos de los polímeros. Temperatura de transición vítrea (T_g)

CAPÍTULO VI. PROPIEDADES DE LOS PLÁSTICOS

Introducción

1. Dureza
2. Densidad
3. Propiedades Mecánicas
 - 3.1 Resistencia al impacto
 - 3.2 Resistencia a la fatiga
 - 3.3 Resistencia a la tensión
 - 3.4 Flexión
4. Propiedades Térmicas
 - 4.1 Dilatación y contracción
 - 4.2 Transmisión de calor
 - 4.3 Inflamabilidad
5. Propiedades Eléctricas
 - 5.1 Resistencia Eléctrica
 - 5.2 Factor de disipación
 - 5.3 Resistencia al arco
6. Resistencia a agentes químicos
7. Durabilidad
8. Reciclado de materiales plásticos

CAPÍTULO VII. LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA

Introducción

1. Materiales para la Petroquímica
 - 1.1 Generación de Hidrocarburos básicos
 - 1.2 Productos Intermedios
 - 1.2.1 Metano
 - 1.2.2 Etileno
 - 1.2.3 Propileno
 - 1.2.4 Butileno
 - 1.2.5 Benceno
 - 1.2.6 Tolueno
 - 1.2.7 Xileno

CAPÍTULO VIII. LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA MEXICANA

Introducción

1. Organización de la Industria
 - 1.1 Sector Básico
 - 1.2 Sector Secundario
2. Producción Nacional de Petroquímicos
3. Clasificación de los plásticos por su consumo
 - 3.1 Plásticos de alto consumo
 - 3.2 Plásticos de consumo medio
 - 3.3 Plásticos de bajo consumo
4. Consumo Mundial de los Plásticos
5. Consumo de los plásticos en México
6. Aplicaciones de los plásticos en México

CAPÍTULO IX. ANÁLISIS POR RESINA Y MODIFICADORES

1. ABS
2. Resinas Acetálicas
3. Acrílico
4. Celulósicos
5. Grupo amino. Resinas de melamina-formaldehído
6. Grupo amino. Resinas de urea-formaldehído
7. Nylon
8. Policarbonato
9. Poliéster termoplástico PBT
10. Poliéster termoplástico PET
11. Policistireno y plásticos relacionados
 - Resina K
 - SAN
12. Polietileno
13. Polipropileno
14. Poliuretano
15. PVC
16. Resinas epóxicas
17. Resinas fenólicas
18. Resinas poliéster insaturadas
19. Silicón
20. Teflón
21. Cauchos, naturales y sintéticos

22. Aditivos para los materiales plásticos
 - 22.1 Aditivos de proceso
 - 22.1.1 Lubricantes
 - 1.2 Antioxidantes
 - 1.3 Estabilizadores al calor
 - 1.4 Agentes deslizantes
 - 1.5 Modificadores de flujo
 - 1.6 Modificadores de viscosidad
 - 1.7 Desmoldantes
 - 22.2 Aditivos para función en productos
 - 22.2.1 Absorbedores de luz ultravioleta
 - 2.2 Agentes de acoplamiento
 - 2.3 Agentes antibloqueo
 - 2.4 Agentes antiestáticos
 - 2.5 Agentes aromatizantes
 - 2.6 Agentes de espumado
 - 2.7 Agentes de cristalinidad
 - 2.8 Agentes de entrecruzamiento
 - 2.9 Cargas
 - 2.10 Deactivadores de metales
 - 2.11 Fungicidas
 - 2.12 Intensificadores de brillo
 - 2.13 Plastificantes
 - 2.14 Pigmentos y colorantes
 - 2.15 Modificadores de impacto
 - 2.16 Retardantes de flama
 - 2.17 Supresores de humo

23. Mezclas y Aleaciones**23.1 Mezclas****23.2 Aleaciones****CAPÍTULO X. PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN****Introducción****1. Extrusión****1.2 Productos usualmente fabricados con ésta técnica****1.2 Descripción general****1.3 Valoración del proceso****1.4 Materiales adecuados****1.5 Procedimiento****1.5.1 Extrusoras de un husillo****1.5.2 Extrusoras de dos o más husillos****1.5.3 Procedimientos de extrusión para productos específicos****1.5.3.1 Fabricación de perfiles****1.5.3.2 Fabricación de tubos****1.5.3.3 Fabricación de fibras****1.5.3.4 Fabricación de películas por extrusión - sople****1.5.3.5 Recubrimiento de alambre y cable****1.5.3.6 Fabricación de película y lámina con dado plano****1.5.3.7 Coextrusión****2. Moldeo por extrusión - sople****2.1 Productos usualmente fabricados con ésta técnica****2.2 Descripción general****2.3 Valoración del proceso****2.4 Materiales adecuados****2.5 Procedimiento****2.5.1 El sistema de extrusión****2.5.2 Dado y cabezal para extrusión - sople****2.5.3 Prensa y molde****3. Moldeo por Inyección Sople****3.1 Productos usualmente fabricados por ésta técnica****3.2 Descripción general****3.3 Materiales adecuados para el proceso****3.4 Valoración del proceso****3.5 Procedimiento****4. Moldeo por inyección****4.1 Productos usualmente fabricados con ésta técnica****4.2 Descripción general****4.3 Valoración del proceso****4.4 Materiales adecuados para el proceso****4.5 Procedimiento****4.5.1 Moldeo por inyección de materiales termoplásticos****4.5.2 Moldeo por inyección de materiales termofijos****5. Calandrado****5.1 Productos usualmente fabricados con ésta técnica****5.2 Descripción general****5.3 Valoración del proceso**

5.4 Materiales adecuados para el proceso**5.5 Procedimiento****5.5.1 Beneficio de la película tras calandra****5.5.2 Beneficio de la película con calandra independiente****6. Moldeo Rotacional****6.1 Productos usualmente fabricados con ésta técnica****6.2 Descripción general****6.3 Valoración del proceso****6.4 Materiales adecuados para el proceso****6.5 Procedimiento****7. Espumado****7.1 Productos usualmente fabricados con ésta técnica****7.2 Descripción general****7.3 Valoración del proceso****7.4 Materiales adecuados para el proceso****7.5 Procedimientos****7.5.1 Espumados de poliestireno****7.5.2 Espumados de poliuretano****7.5.3 Termoplásticos espumados****8. Moldeo por Compresión****8.1 Productos usualmente fabricados con esta técnica****8.2 Descripción general****8.3 Valoración del proceso****8.4 Materiales adecuados para el proceso****8.5 Procedimiento****9. Moldeo por Transferencia****9.1 Productos usualmente fabricados con ésta técnica****9.2 Descripción general****9.3 Valoración del proceso****9.4 Materiales adecuados para el proceso****9.5 Procedimiento****10. Moldeo por Inyección RIM****10.1 Productos usualmente fabricados con ésta técnica****10.2 Descripción general****10.3 Valoración del proceso****10.4 Materiales adecuados para el proceso****10.5 Procedimiento****11. Vaciado****11.1 Productos usualmente fabricados con ésta técnica****11.2 Descripción general****11.3 Valoración del proceso****11.4 Materiales adecuados para el proceso****11.5 Procedimiento****11.5.1 Vaciado de acrílico****11.5.2 Vaciado de nylon**

12. Termoformado

- 12.1 Productos usualmente fabricados con ésta técnica
- 12.2 Descripción general
- 12.3 Valoración del proceso
- 12.4 Materiales adecuados para el proceso
- 12.5 Procedimientos
 - 12.5.1 Formado al vacío
 - 12.5.2 Termoformado con émbolo
 - 12.5.3 Termoformado con burbúja
 - 12.5.4 Termoformado por estirado

13. Técnicas especiales para resina poliéster reforzada

- 13.1 Productos usualmente fabricados con ésta técnica
- 13.2 Descripción general
- 13.3 Valoración del proceso
- 13.4 Materiales adecuados para el proceso
- 13.5 Procedimiento
 - 13.5.1 Picado manual
 - 13.5.2 Proceso de aspersión
 - 13.5.3 Prensado en caliente
 - 13.5.3.1 Prensado en caliente con preforma
 - 13.5.3.2 Prensado en caliente con premezcla
 - 13.5.3.3 Prensado en caliente con preforma impregnada
 - 13.5.4 Embobinado
 - 13.5.5 Centrifugado
 - 13.5.6 Prensado en frío
 - 13.5.7 Moldeo por transferencia
 - 13.5.8 Bolsa a presión
 - 13.5.9 Formado al vacío
 - 13.5.10 Con macho elástico
 - 13.5.11 Extrusión

CAPÍTULO XI. SELECCIÓN DE UN MATERIAL PLÁSTICO**Introducción**

- 1. Materiales candidatos
- 2. Requerimientos de diseño
- 3. Requerimientos de la resina
- 4. Análisis de proceso

CAPÍTULO XII. DISEÑO DETALLADO**Introducción**

- 1. Línea de partición
- 2. Radios y esquinas
- 3. Angulos de calado
- 4. Ahuecamientos
- 5. Espesor de sección
- 6. Costillas
- 7. Superficies planas
- 8. Guías
- 9. Cuerdas
- 10. Entradas
- 11. Tolerancias

- 12. Diseño para técnicas de ensamble
 - 12.1 Pegamentos
 - 12.2 Soldadura por ultrasonido
 - 12.3 Uniones mecánicas
 - 12.3.1 Tornillos mecánicos
 - 12.3.3 Insertos mecánicos
 - 12.4 Termosellado y soldadura por calor
 - 12.4.1 Termosellado
 - 12.4.2 Barra caliente
 - 12.4.3 Selladora rotatoria
 - 12.4.4 Soldadura por placa caliente
 - 12.4.5 Soldadura por gas caliente
 - 12.4.6 Soldadura rotacional

CAPÍTULO XIII. HERRAMIENTAS PARA MOLDEAR PLÁSTICOS

Introducción

1. Conceptos fundamentales
2. Clasificación de la herramienta
3. Herramientas para trabajo en caliente
 - 3.1 Moldes de Inyección
 - 3.1.1 Materiales para la construcción de moldes
 - 3.1.1.1 Aceros
 - 3.1.1.2 Materiales para moldes colados
 - 3.1.1.3 Resinas
 - 3.1.2 Técnicas para la fabricación de moldes
 - 3.1.2.1 Maquinado con arranque de viruta
 - 3.1.2.2 Estampado
 - 3.1.2.3 Electroerosión
 - 3.1.2.4 Erosión química
 - 3.1.2.5 Colado
 - 3.1.3 El molde de Inyección
 - 3.1.3.1 Moldes sencillos
 - 3.1.3.2 Moldes de inyección múltiples
 - 3.2 Moldes de extrusión sople
 - 3.2.1 Materiales para moldes de extrusión sople
 - 3.2.2 Constitución y diseño
 - 3.2.3 Fabricación
 - 3.3 Moldes de Inyección sople
 - 3.4 Moldes para comprensión
 - 3.4.1 Tipos de moldes de comprensión
 - 3.4.2 Tipos de moldes de comprensión
 - 3.5 Moldes para el proceso de Transferencia
 - 3.5.1 Tipos de moldes de transferencia
 - 3.6 Moldes para estireno expandido
 - 3.6.1 Constitución del molde
4. Herramientas para trabajo en frío
 - 4.1 Herramientas para moldeo sin endurecimiento
 - 4.1.1 Moldes para pastillaje
 - 4.1.2 Moldes para la fabricación de preformas para plásticos reforzados
 - 4.2 Herramientas de moldeo para resina poliéster reforzada
 - 4.2.1 Moldes abiertos
 - 4.2.2 Herramientas para moldeo por prensado

4.3 Moldes para vaciado**4.3.1 Moldes abiertos flexibles****4.3.2 Moldes múltiples****5. Datos para extrusión****5.1 Dados planos****5.2 Dados tubulares****5.2.1 Dados para la fabricación de películas sopladas****5.2.2 Dados para la fabricación de tubos****5.3 Dados de orificios múltiples****5.4 Dados para la fabricación de perfiles****5.5 Materiales para la fabricación de dados****Glosario****Citas bibliográficas****Fuentes bibliográficas**

CAPÍTULO I

EL HOMBRE Y SUS MATERIALES

Si bien los orígenes de la utilización de los materiales no puede precisarse, el ascenso del Hombre en una escala de Civilización está marcado por una perenne lucha por conquistar sus propiedades y disponibilidad, lo que en última instancia parece determinar las posibilidades de Desarrollo del Género Humano.

Hasta hace no muchos años el hombre tomaba sólo los materiales que la naturaleza les ofrecía y después buscaba las aplicaciones para éste descubrimiento; hoy este proceso ha iniciado un cambio acelerado, ya no es el encontrar nuevos usos para cada material sino plantear en base a necesidades uno inexistente en la naturaleza para después con los elementos de la Ciencia y la Ingeniería de los Materiales producirlo y transformarlo en objetos de utilidad.

I.- ¿MATERIALES?

¿Como podríamos definir a los Materiales?

Una pregunta sencilla y compleja a la vez, nada fácil de contestar. Se nos presentan dos caminos: El primero remitimos a la imagen o concepto propio que como usuario de los mismos, tenemos de la palabra MATERIAL, lo que con toda seguridad nos guiará a una idea cierta de que es o al menos entenderá a que nos referimos.

Basados en una sencilla meditación podríamos contestar que Material es el elemento usado para la realización de un objeto; podríamos decir también que son las sustancias que el hombre transforma en objetos para satisfacer sus necesidades sean naturales o creadas por el mismo. Estas contestaciones son correctas pero ofrecen elementos que dan oportunidad de ambigüedades.

Ya que esto es un elemento medular para la comprensión y valoración del tema, plantearemos una definición más clara aplicando dos elementos que no nos permitirán caer en indefiniciones ellos son MATERIA Y USO.

MATERIA nos permitiríamos definirla como el conjunto de átomos y moléculas que constituyen los cuerpos mayores y que a su vez forman el planeta.

Así a la parte de la Materia que aplicamos en un uso específico para satisfacer una necesidad dada le llamaremos MATERIAL.

PARTE DE LA MATERIA—USO—MATERIAL.

Ejemplos sencillos serán: el Policéfeno que en forma de bolsa envuelve nuestros alimentos, o el Poliestireno que en forma de bolígrafo nos ayuda a escribir, o el Acrílico que en formas de escuadras nos posibilita el dibujar. Todos estos utilizan la Materia en un uso específico para satisfacer una Necesidad lo que engloba el concepto de MATERIAL.

2.- LOS RECURSOS

No hay que meditar profundamente para concluir que la única fuente de Materiales del la que dispone el Hombre para fabricar sus objetos es el Planeta Tierra, ahora bien si sus necesidades son mayores y complejas, preguntamos *¿Hasta donde tendremos Materiales suficientes para satisfacer nuestra innapagable sed de objetos para una vida mejor?*

Esta preocupación no es nueva, pensadores de un pasado no muy cercano han emitido sus razonamientos al respecto; algunos en forma optimista y otros (la gran mayoría) fueron o son francamente pesimistas. Como ya hemos visto el Hombre debe a los Materiales su existencia y con la intención de estudiar, cuantificar y valorar los Materiales susceptibles de convertirse en satisfactores se han clasificado estas en *Recursos Renovables y Recursos No Renovables*.

Tres elementos son los que definen la ubicación de una Materia:

- 1).- Cantidad original del Recurso al momento de empezar su explotación
- 2).- La rapidez del consumo, que también se le denomina pérdida del Recurso
- 3).- La rapidez de regeneración del Recurso

Del juego aritmético de estas tres variables obtendremos tres casos posibles.

CASO A.- Donde el Recurso se regenera con mayor rapidez contra la velocidad con la que es explotado luego aquí tenemos un RECURSO SOBREPONIDO. Encontramos pocos ejemplos y en forma eventual en la Agricultura y la Ganadería.

CASO B).- Tendremos un RECURSO RENOVABLE cuando la velocidad de generación del Recurso es igual a la de su consumo. Los Materiales Semisintéticos pertenecen a esta clasificación.

CASO C).- Aquí la velocidad del consumo supera a la velocidad de generación del Recurso, esto es un RECURSO NO RENOVABLE. Las principales fuentes de abastecimiento para fabricar Plásticos pertenecen a este apartado como son los casos del carbón mineral y el petróleo.

Cada uno de estos casos podría ser objeto de un estudio detallado y clasificar un material según las características antes mencionadas puede ser un ejercicio de alta complejidad que no haremos. Sólo diremos que es muy sencillo caer en confusiones si es que no se cuenta con las herramientas necesarias para un análisis como son estadísticas u descripciones precisas sin las cuales un material fácilmente puede ser ubicado en más de uno de los casos. Confiamos en la intuición y sentido común del lector que dictará dado el caso la posición de un material.

Los mantos de gas y petróleo así como también los yacimientos carboníferos son las principales fuentes de la Industria Petroquímica y por ende de los Materiales Plásticos, estos forman parte de los Recursos No Renovables.

3.- LOS LÍMITES DEL CRECIMIENTO

Podríamos tal vez con afán de polemizar que el camino para obtener materiales del espacio exterior está echado a andar y también que la posibilidad de modificar nuestros primitivos materiales en el espacio ha sido probada pero al final de este ejercicio mental el enunciado es claro y sencillo: todos los materiales provendrán a corto plazo sólo de nuestro planeta.

Pensadores como Thomas Malthus a mediados del siglo pasado ya habían planteado respuestas, estableciendo que el Hombre ha ya ubicado el crecimiento de su población en una ecuación de tipo exponencial (que genera grandes cifras), al mismo tiempo con la producción de recursos la cual se grafica en una ecuación de orden aritmético de crecimiento mucho más moderado. Al comparar ambas gráficas se muestra claramente que los Recursos son superados fácilmente por el crecimiento demográfico del Hombre.

Más cercanos en el tiempo están algunos otros estudios, como el del investigador D. Meadows¹ del M.I.T. (Instituto Tecnológico de Massachusetts) el cual analiza diversos casos a manera de hipótesis y concluye en la mayoría de ellos que en los comienzos del siglo XXI se presentará una etapa que el investigador denominó "Supercríticas". El estudio sintetiza en muy pocas palabras a manera de desafío:

La esperanza de la Humanidad no está en los límites del crecimiento sino en el crecimiento de los límites...

Con base en lo expuesto es lógico pensar que ante la inminente crisis de Los Materiales que se avecina, el camino a seguir será el de dirigir el esfuerzo Científico - Tecnológico hacia la búsqueda de los sustitutos de los materiales usados hoy.

Esto no es en absoluto fácil, ya que se trata en caso extremo, de reproducir o acelerar actividades que a la naturaleza le ha tomado cientos o miles de años perfeccionar. En este sentido investigación es intensa en campos como el de la Agricultura que a manera de ejemplo, busca obtener cultivos de mayor calidad y con ciclos de crecimiento más rápido. Los plásticos han tomado parte importante en este esfuerzo dentro de las técnicas de invernadero y cultivos intensivos así como también de elementos de empaque y embalaje para productos de fácil descomposición.

Otros ejemplos de este esfuerzo científico y que resultan impresionantes se dan en campos como la Genética Vegetal, fertilizantes y pesticidas, maquinaria agrícola y de beneficio de cultivos entre otros muchos más.

Podemos resumir que el destino de la Humanidad no obstante sus problemas aún está en sus manos y para vencer a los problemas que plantea su dependencia de los materiales habrá que actuar así:

- Disminuir el crecimiento Demográfico a un nivel manejable para la sociedad y sus gobiernos.
- Aumentar la productividad de los Recursos Renovables
- Aumentar la zona cultivable del mundo
- Explotar y ampliar la visión de los científicos, técnicos, tecnólogos, industriales, ingenieros, diseñadores y todo aquel relacionado con la producción hacia la generación de nuevos materiales y formas que apoyen la explotación de otros recursos así como el reciclado de los ya existentes.

4.- CIENCIA E INGENIERIA DE LOS MATERIALES

El objeto último de la Ciencia e Ingeniería de los Materiales es la creación de materiales prácticamente sobre pedido, para satisfacer algunas demandas de la sociedad mediante la aplicación del conocimiento de la estructura más elemental de la materia a la cual esta debe sus características tanto por los átomos que la componen como la forma en que ellos interactúan. Conociendo y controlado estos hechos ha sido capaz de crear materiales que han cambiado de raíz la forma de ver la naturaleza por el hombre; nuestro amigo el "Homo faber" no es ya sólo un disciplinado observador del comportamiento de la materia sino que ahora es un activo diseñador de la misma la cual, posteriormente, con la ayuda de la Ingeniería de los Materiales dará un uso práctico a la substancia que él mismo ha creado.

Los ejemplos de esta vigorosa aparición de la Ciencia de los Materiales son muchos, entre ellos encontramos en forma protagónica los Semiconductores que son materiales con una increíble capacidad de amplificar señales eléctricas y ahora más recientemente muestran también la capacidad de captar los rayos solares y convertirlos en energía eléctrica.

Producto importantísimo del trabajo de científicos e ingenieros de materiales son los plásticos, que están presentes en prácticamente en todos los objetos que nos rodean. Ha sido de tal magnitud la fuerza de su posicionamiento en nuestras vidas que su desaparición provocaría severísimos trastornos en todos los órdenes de la sociedad.

No obstante los éxitos de la Ciencia, al compararlos con la problemática del mundo de hoy estos se ven opacados. Para que los logros lleguen a tener verdadero impacto positivo en la sociedad tendrán que participar todos los integrantes de la misma:

- a).- *La sociedad* en general adoptará una conducta crítica y racional hacia el futuro de las materias primas y por ende de los materiales sancionando para beneficio de todos sus aspectos sociales, económicos, y de transformación.

Para ello es de vital importancia la formación de cuadros capacitados en todos los procesos de aprovechamiento de la materia; científicos, ingenieros, industriales, diseñadores, técnicos y gobiernos en general.

b).- *Las Industrias*. Procurarán dentro de lo posible la aplicación de nuevas técnicas para producir, y la adaptación de sus líneas de materiales nuevos y materiales reciclados. Esto traerá necesariamente un mejor aprovechamiento de las materias primas además de que podrá determinar la supervivencia de muchos centros de producción ante un mercado sin fronteras que parece no nos da opciones, exige resultados.

c).- *La Ciencia y la Tecnología*. Ambas ahora tendientes a la generación de materiales de poco volumen y mucho valor, microprocesadores por ejemplo, su enfoque en un futuro inmediato deberá ser:

- Mejor aprovechamiento de los materiales ya existentes
- Mejores técnicas de transformación y beneficio de los *reciclados*
- Compromiso de buscar materiales que dentro de lo posible provengan de Recursos Renovables, proponiendo al mismo tiempo las técnicas para una oportuna regeneración del Recurso.
- La energía necesaria para procesar la materia será una no contaminante y razonablemente segura en su uso.

Todo lo expuesto tiene intención, amigo lector, de plantar la semilla de la inquietud que florece posteriormente en el análisis, el cuestionamiento y la actitud, acerca de los materiales de que el Diseñador dispone y a través de los cuales él cumple su función; *generar formas útiles*.

A estas alturas deberá estar muy claro que el uso de la materia ha fijado en el pasado y fijará en el futuro los parámetros de la vida del ser humano. Así la participación del Diseñador Industrial junto con otras profesiones se antoja como un gran compromiso con la sociedad al producir formas son desperdicios, de gran utilidad, bellos y amables así como seguros y accesibles al bolsillo común.

La no observación de este compromiso es, simple y sencillamente no considerar a las generaciones futuras dejando para ellos un planeta sin recursos, inhóspito e incapaz de ser el vínculo de ascenso hasta ahora usada por el Hombre; este es el triste panorama que pintan muchos, y sobre los cuales sinceramente esperamos se equivoquen.

Citas Bibliográficas

1. Rangel Nafaille, Carlos
Los Materiales de la Civilización
 Colección: La Ciencia desde México No. 29
 FCE, SEP, CONACYT. México 1987
 pp. 52

Una historia breve sólo puede ser clara a riesgo de ser dogmática...

Derry y Williams
La Historia de la Tecnología

CAPÍTULO II

ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LOS MATERIALES PLÁSTICOS

Introducción.

Es el objeto de este capítulo el de mostrar en forma sencilla, el camino que ha seguido los materiales plásticos de manera que al conocer el pasado de estos extraordinarios bienes puedan ser valorados justamente.

A continuación revisaremos la evolución de los plásticos y la indisoluble relación que mantienen ellos con la Química. Las primeras fases de este relato serán motivo de una rápida explicación para posteriormente profundizar en la Historia particular de los Polímeros.

1. LOS COMIENZOS

Desde los procesos primitivos de modificar la materia hasta los complejos sistemas industriales de la actualidad hubo un largo trecho, y que en sus inicios los químicos caminaron prácticamente a ciegas, apoyándose en hechos que sin bases científicas se consideraban ciertos y en absoluto incuestionables; ejemplo de estos monumentales errores fueron las palabras de Aristóteles que explicaban que la materia era una combinación de cuatro elementos: agua, aire, fuego y tierra. Así de un plumazo la teoría de Demócrito filósofo griego del siglo V a. de c. quedó condenada al olvido y la burla; Demócrito planteaba que la materia no era algo continuo sino que estaba formada por partículas en constante movimiento y que llamó átomos ("indivisible" en griego), este razonamiento no deja de asombrar ya que el filósofo solo contaba con un maestro manejo de la lógica y la observación para emitir sus acertados juicios.

Los trabajos de los químicos de la antigüedad resultaron en explicaciones completamente erradas y condujeron a la comprensión mística de la Alquimia que buscó frenéticamente la "conversión" de metales el "elixir de la juventud".

En Asia y Medio Oriente habían aparecido algunos polímeros que no mencionarlos sería un error imperdonable; de ellos uno de los más hermosos y apreciados materiales que aún hoy en día arrancan suspiros tanto por su presentación y nobleza como por su precio: la seda.

La transición de la química medieval a lo que en realidad podríamos llamar Química se dió en forma accidentada y lenta. Los primeros pasos tendientes a explicar la estructura de la materia se desarrollaron en lugares como laboratorios médicos y farmacéuticos que en aquellos tiempos bien podrían ser el mismo, o bien en lugares operados por nobles o ciudadanos acaudalados que encontraban en la investigación gratificación y prestigio.

Para la segunda mitad del siglo XVIII la mentalidad científica de la época mostraba gran inquietud por explicarse —llenando el enorme vacío dejado por las teorías de Aristóteles— los más profundos secretos de la materia y de esta manera Demócrito volvió al centro mismo de las discusiones. En boca

de otros estudiosos se expresó: "La materia se compone de corpúsculos en movimiento" dijo Roberto Boyle e Isaac Newton remarcó: "La materia está compuesta de partículas sólidas, macizas, duras e impenetrables, móviles e imposible de dividir en cuerpos más pequeños".

Así los planteamientos eran cada vez más "atrevidos y firmes"; John Dalton en Inglaterra define una parte fundamentalísima de la Química Moderna:

Las partículas últimas de todos los cuerpos simples son átomos, no son susceptibles de posibles divisiones y todos estos átomos son esferas, cada uno con su propio peso que puede perfectamente expresarse en números enteros.

La velocidad en el desarrollo de la Química dejó muy atrás a los viejos "aficionados" a la materia quienes eventualmente desaparecieron, concentrándose los trabajos en las universidades donde sus avances resultaban impresionantes al descubrir gran cantidad de elementos, controlaron y explicaron complejas reacciones y se dieron las primeras incursiones en la Química Industrial. Pero toda esta serie de éxitos resultaban empañados por el hecho de que si bien el mundo mineral era campo fértil para los investigadores, la materia viviente se presentaba como un camino sin salida; inclusive mentes brillantes como Jacobo Berzelius (quien ya antes, dividió la Química en Orgánica e Inorgánica) hablaba de un abismo "imposible de franquear" que las separaba.

En el año de 1828 terminó la teoría de la "fuerza vital" la cual señalaba que en la materia existía algo de sagrado que escapaba a la posibilidad de interpretarse. En su experimento Friederich Wöhler reflejaban la emoción de su descubrimiento.... *...Que puedo hacer Urea sin la intervención de un riñón animal, sea de hombre o de perro...*

Marcel Bertholet fue más adelante que Wöhler al producir grasas totalmente diferentes a las dadas en la naturaleza. Esto se reveló como ejemplo de una impresionante realidad: **EL HOMBRE PODRÍA FABRICAR MATERIA NUEVA Y MANIPULARLA PARA HACER DE ELLA MATERIALES ÚTILES.**

Los químicos más interesados que nunca, experimentaban con sustancias naturales aunque no lograban ofrecer una explicación satisfactoria a los comportamientos que observaban, así, Berzelius aparece nuevamente en el escenario de la ciencia y da a conocer su concepto de "ISOMERO" que designan a grupos de átomos de los mismos elementos que al ordenarse en formas diferentes dan compuestos químicos muy diversos, esto implica cuanto mayor número de átomos, mayor el número de posibles combinaciones.

Louise Gay-Lussac dio otro importante paso hacia el entendimiento de la materia, apareció su concepto de "Radical", como grupos de átomos tan fuertemente unidos que era posible que pasaran de un compuesto a otro sin separarse a través de diferentes reacciones químicas. El químico francés los denominó así porque penso acertadamente, que estos grupos serían las bases para formar otros más grandes e intrincados.

Por su parte Jean Baptista Dumas trabajaba en investigaciones que como las que hemos mencionado arriba, modelaban poco a poco el concepto de materia en las mentes de los científicos de la época. Producto de sus experimentos anuncia la ley de la sustitución: "En grupos de átomos los elementos pueden ser desplazados y reemplazados por otros" produciendo así compuestos que cercanos en contenido de elementos presentan características muy diferentes.

No obstante el esfuerzo desplegado por estos científicos del siglo pasado, la realidad era que la estructura interna de la materia era una zona nebulosa de la que se sabía bien poco ya que de lo que se disponía era una gran cantidad de hechos aislados que habría que poner juntos en un todo coherente y ordenado. Por otra parte si bien el conocimiento era limitado si era suficiente para determinar que la base de la Química Orgánica eran los compuestos del carbono y la intuición de todos estos hombres era la de que se encontraban en el umbral de una serie de descubrimientos que darían un gigantesco impulso a la Industria Química aún naciente.

2. LA QUÍMICA INDUSTRIAL

Si bien nombres como Demócrito, Lavoisier y Gay Lussac entre otros son honrados constantemente

y con justicia lo son, hay otros hombres que sin figurar en los textos comunes han llevado con su tesón, a costo de sus fortunas y hasta de sus propias vidas a la Química a los terrenos de industria generando de esta unión resultados pasmosos no sólo por la dificultad de los mismos sino también por la forma como han impactado en la sociedad.

Pasemos, así, del orden escrupuloso del laboratorio a la atmósfera práctica y de los resultados a corto plazo de la Industria productora de sintéticos.

Hablemos primero del llamado fundador de la Química Industrial, Nicholas LeBlanc quién ya para finalizar el siglo XVII inauguró su fábrica de carbonato sódico sustancia necesaria para la elaboración de jabónes. La empresa eficiente desde sus inicios fue embargada por el gobierno y para cuando LeBlanc la recuperó fue imposible echarla a andar de nueva cuenta con lo que terminó la primera empresa química como tal conocida.

Una historia más venturosa es la de William Perkin, siendo alumno del Real Colegio de Química de Inglaterra profundizó un poco por suerte en el desarrollo de un colorante púrpura que no resultaba afectado por la acción del agua y jabón lo mismo que por los rayos del sol. Este producto fue ampliamente usado en la enorme producción textil británica.

El triunfo de William Perkin fue el detonador de la aparición de una gran cantidad de industrias y productos de la Química Orgánica donde el carbón era el rey; colorantes, drogas, explosivos y por supuesto plásticos entre otros.

Relatos verdícos o no del encuentro de químicos con hechos científicos logrados en forma involuntaria son abundantes en la historia de la materia, hechos interesantísimos llenan páginas completas en sus libros y muchas veces la ciencia parece caminar más por experiencias fortuitas que por los esfuerzos en la elaboración y control de la práctica de laboratorio. La ciencia de los Polímeros no queda para nada en el margen de esta realidad:

El profesor Shönbein de la Universidad de Basilea (Suiza) deseaba secar un trozo de tela que previamente había impregnado de ácidos sulfúrico y nítrico, para ello colocó el textil frente a la estufa de su habitación y cual no sería su sorpresa al ver esta prenda convertirse en humo, se había descubierto el "algodón pólvora".

Paralelamente a la historia de Shönbein y la pólvora sin humo otros interesados en ella trabajaron afanosamente en producirla entre ellos se encontraba Eleuthere Iréné Dupont quien poco ha establecido su industria productora de varios tipos de pólvora en el estado de Delaware (E.U.A.). En su búsqueda por mejorar sus productos y encontrar otros la Dupont se tecnificaba cada día más, esforzándose por ofrecer explosivos para todo uso y fue así que topó con la nitroglicerina base de la dinamita. Caso curioso el estudio y la experiencia en el mismo de la misma guiaron a esta empresa por un nuevo y brillante futuro: Los plásticos.

El descubrimiento de Shönbein generó gran inquietud en muchos países principalmente europeos y la investigación fue imparable; los químicos estudiaban la manera de aprovechar la celulosa en otras aplicaciones, otros sólo querían saber más sobre ella. Como es común sin proponerselo se encontró aplicaciones no buscadas que resultaron de gran utilidad como el "colodión" que hecho de nitrato de celulosa produce una película transparente y dura. Las primeras aplicaciones que se le dió a este producto fueron usos médicos que a manera de barniz cubre las heridas para evitar infecciones, aplicación que aún se le da al producto.

El colodión quedó aprisionado en aplicaciones médicas durante mucho tiempo hasta que John Wesley Hyatt lo mezcló con alcanfor en su búsqueda de un sustituto de marfil, cosas que no logró pero en cambio encontró un material con un sinnúmero de aplicaciones; cepillos, cuelleras para camisas de caballero, armazones para lentes, marcos para espejos, película fotográfica y otras muchas más. Hyatt se había topado con el Celuloide de la cual obtiene la patente en 1870 y funda la "Celluloid Manufacturing Co." que años después fue absorbida por la "Celanese Corporation".

También, el "colodión" encontró cabida en la Industria Textil a través de Hilaire de Chardonnet quién encontró posible convertirlo con algunas variaciones en su proceso, en hilo fino, que tejido con tela presentaba una agradable similitud con la seda y que para intenciones comerciales se le bautizó como "seda Chardonnet" la que finalmente resulto un fracaso debido a su tendencia a inflamarse por lo que los obreros de la Industria Textil con un extraño afecto por sus madres políticas la bautizaron como la tela "para la sucgra".

No obstante su fracaso esta tela llamo la atención de muchos químicos poderosamente contagiados por la "fibra de la celulosa" material que ya había demostrado muchas de sus cualidades, así, si la primera seda sintética no fue lo esperado, sí se desarrollaron dos productos de enorme éxito;

El "Rayón de viscosa" (que posteriormente se conoce como "rayón" únicamente) se desarrolló por los ingleses Charles Cross, Edward Bevan y Clayton Beadle en el año de 1892. Estos experimentaban con diversas formas de celulosa hasta que modificaron con álcalis y sosa a este material y se encontraron con una gelatina de color naranja encendido y que transformada en hilo y bañada en ácidos resultaba en un tono suave y seguro que fue rápidamente aceptada por la Industria Textil del Reino Unido.

El "Rayón de acetato" (acetato) fue el resultado de las investigaciones del químico francés Paul Schutzenberg quien en años posteriores forma una tela más lustrosa que la anterior de rayón al mismo tiempo que resiste arrugas y encogimiento. En cuanto a la coloración del acetato este permite obtener agradables y firmes colores en las telas con él fabricadas. No obstante todas esas virtudes el rayón no fue usado sino hasta la Primera Guerra Mundial y no como telas para el vestido ya que se aplico para recubrir las alas de los aviones y para la fabricación de una nueva película fotográfica.

Así, continuamos con la mina inagotable de la celulosa de las cuales los químicos y los prácticos de la Química seguían obteniendo un sinfín de productos algunos de ello nunca salieron del anonimato y otros, muy pocos, se desarrollaron en la Industria. Este es el caso del "Celofán" que se obtuvo por primera vez en el año de 1912 por Jaques Brandenberger quién trabajó en el proceso del rayón una delgada película de viscosa que posteriormente bañó en ácido, formando de esta manera una película delgada y transparente atractiva para muchos usos.

3. TOTALMENTE NUEVOS

Cuando el químico estadounidense Leo Baekeland tomó entre sus manos y observo, un pedazo de resina que recién había fabricado en su laboratorio no estaba consciente que con sus dedos manipulaban la primera sustancia hecha completamente por las manos del hombre, era algo totalmente nuevo, nunca visto antes, un material "SINTÉTICO"

En 1907 este inquieto y prolífico investigador trabajaba buscando la forma de sustituir la taca natural, producto con muchas aplicaciones especialmente para acabados y cuya producción se importaba por completo de Asia en lotes irregulares y a muy altos costos. Baekeland siguiendo su agudo sentido para la aplicación de materiales trabajo simplemente buscando lo que sus colegas a toda costa trataban de evitar (inclusive genes de la talla de Adolf Von Baeyer); sustancias resinosas en su equipo de laboratorio. De esta manera logró de la unión de un desinfectante (el fenol) y el formaldehído (usado como conservador) calentada y sometida a presión, un material duro, moldeable, y aislante de la electricidad entre otras cualidades y la bautizó como "Bakelita", material de gran éxito en la Industria Eléctrica.

El gran paso se había dado; de los materiales "modificados por el hombre" como en el caso de la celulosa y el carbón, se avanzó con dirección a los materiales "nuevos" tanto en apariencia como a su estructura molecular.

De esta manera Baekeland y otros hombres desencadenaron una revolución en la Ciencia y principalmente en la Industria que aún hoy en día parece no tener fin.

El triunfo de los químicos necesariamente llamó la atención de los grandes industriales así como la de los gobiernos de algunos países.

Ambos adivinaban la importancia económica y política de estos materiales lo que quedó demostrada durante el desarrollo de las dos grandes guerras.

Empresas en Alemania Federal fueron las primeras en formar equipos de brillantes investigadores para sus laboratorios de polímeros en el año de 1927. La Farben Company dos años después ofreció su primer resultado; Poliestireno comercial y que inmediatamente se empezó a fabricar en gran escala.

Por aquellos años la palabra "plástico" se había popularizado y el grupo de la Farben Company seguía generando materiales algunos tan importantes como los vinilos y los acrílicos tanto para hilar como para hacer láminas.

Siguiendo el ejemplo de la empresa alemana la compañía DuPont formó su grupo de investigación integrado por jóvenes químicos procedentes de los mejores centros de enseñanza de la Unión Americana. Al frente quedó un hombre que con el tiempo paso a formar parte de la leyenda de los plásticos —no obstante su corta vida—, Wallace Hume Carothers.

El grupo de Carothers en sus inicios se abocó principalmente al estudio de las bases científicas necesarias para comprender los mecanismos que llevan a las moléculas a tomar formas diferentes y que al final pueden conducir a la generación de un metal plástico para fabricar productos.

Los resultados del trabajo de estos brillantes científicos no se hicieron esperar; una vez iniciada la producción de materiales sintéticos desde los laboratorios de la Dupont el flujo fue imparable y aunque muchos de ellos no alcanzaron la posibilidad de ser industrializados, algunos otros fueron éxitos rotundos como el "rey" Nylon, cuchos sintéticos de varios tipos, sistemas para producir Neopreno y otros más de suma importancia.

Así la DuPont dejando la época de la pólvora y la dinamita entró de lleno en las coordenadas del siglo XX, a la vez que la creatividad cobró una víctima más; Carothers después de una profunda crisis depresiva se suicidó en el año de 1937, poco tiempo antes de que el "nylon" hiciera su memorable aparición en el mercado (1938).

4. EL CAUCHO

El caucho aparece en la Historia sólo como una curiosidad para los exploradores europeos, pulatinamente a través del tiempo y no obstante sus características no siempre ventajosas (quebradizo a bajas temperaturas y pegajoso a altas) adquiere un lugar en la industria y en la vida cotidiana.

Las propiedades del producto provocaron la curiosidad de investigadores e inventores quienes reconocían la importancia que en el futuro cercano tendría el material y del cual, las fuentes de abastecimiento se encontraban muy lejos de las fronteras del Occidente.

Genes como Charles Macintosh, quien en 1823 creó la primera tela para impermeables, y especialmente Charles Goodyear (quien se decía elegido por Dios para encontrar el proceso de curado del caucho, que descubrió finalmente en 1838) provocaron que con base en la metalurgia (entonces en plenitud), las empresas productoras de caucho se reprodujeran y crecieran en forma meteórica lo que hizo que la demanda rebasara por mucho las capacidades de las zonas caucheras del mundo.

Durante estos años las aplicaciones ingeniosas para el material florecieron por todas partes como el caso de Edouard y André Michelin quienes en Francia retomaron algunos intentos del pasado reinventando el neumático, hecho de singular importancia para la Industria Automotriz que estaba por llegar.

Se probaron gran cantidad de Técnicas para obtener un sustituto, mismas que no lograban cubrir todos los usos y los precios del hule natural. Materiales generados a partir del acetileno y el butadieno de los cuales el resultado del primero le llamaron "cloropreno" y que fue el antecedente directo del útil "neopreno". Este fue desarrollado por Carothers y su equipo; obtuvo un gran éxito en su aparición en el mercado al sustituir caucho natural en aplicaciones como mangueras, recubrimientos y balsas de hules entre otros muchos más.

Una vez más: **LA INVESTIGACIÓN PAGO CON CRECES LO EN ELLA INVERTIDO.**

No obstante el problema estaba muy lejos de ser resuelto a satisfacción, los precios del neopreno lo ponían lejos del aplicaciones como llantas y usos militares. Una y otra la Industria a sabiendas de lo que se avecinaba en sus campos, presionaba a los investigadores a acelerar el paso.

5. EL IMPULSO DE LAS GUERRAS

El primer éxito vino de la Alemania nazi donde en 1928 se generó un "copolímero" (ver Glosario de Términos) que bien podía ser usado tanto como para fabricar llantas y cámaras como para otros usos antes reservados para el caucho natural: el "Buna-s", que se había formado del polímero del Butadieno y el modesto Estireno.

Los alemanes aceleraron la producción llegando a tener una eficiente maquinaria Industrial destinada a este fin, para antes del estallido de las hostilidades.

Al iniciarse el conflicto armado la estrategia del eje estaba funcionando a pedir de boca: los ejércitos japoneses al avanzar controlaron la zona productora del caucho y de un tajo dejaron a los aliados sin el importante suministro para sus ejércitos, mientras por otro lado la industria alemana se ocupada de surtir todo el caucho sintético necesario.

Las fabricas de caucho sintético de los aliados resultaron ridículamente insuficientes para los tipos de hule y las cantidades necesarias en el frente. el tiempo corría y las reservas del material se consumían rápidamente así, el gobierno norteamericano inició una vigorosa ofensiva Tecnológico-Productiva que a un elevadísimo costo logró cubrir las cuotas necesarias para los ejércitos y que además, dejó en los Estados Unidos una planta química bien dotada, un fogueado equipo humano especialistas en la producción de plásticos, una serie amplia de hules sintéticos, otros polímeros y una larga lista de productos químicos.

Como arriba mencionamos el gran esfuerzo de investigación y apremiante desarrollo producto del conflicto bélico dejó materiales plásticos que pasado el tiempo demostraron su gran utilidad en la paz: Cauchos de silicona, usados desde en proyectos espaciales hasta en aparatos de cocina. Poliuretano que en sus presentaciones de espuma y elastómero está llamado a ser el sustituto del Nylon como el "rey" de los plásticos. El poliisopreno resultó de todos estos materiales el más cercano a la del caucho natural lo que le llevó a ser comercializado con gran éxito en el principio de los cincuentas.

Los productos de plástico salidos de las fábricas de la posguerra fueron pronto motivo de las confianzas y hasta el desdén de los usuarios. Pero lo más importante se había logrado ya; la sociedad reconocía a los materiales plásticos como parte de su patrimonio Tecnológico, otorgándole así el reconocimiento y obligaciones que esto conlleva.

Para responder a los desafíos que en sus inicios se le plantearon a la Industria productora y transformadora de plásticos se contó con la inercia producto de la guerra y que resultó imparable, en un lapso corto de tiempo hizo reconocer materiales que se encontraban olvidados o subvaluados por sus descubridores, se diseñaron y fabricaron nuevos materiales aplicando hábilmente los conceptos recién adquiridos, se desarrollaron nuevas técnicas de producción y mejoraron las ya conocidas haciéndolas más rápidas confiables y fáciles de manejar. Por lo que respecta a las nuevas "resinas" (ver glosario) la lista podría ser muy extensa; el polietileno, el Teflón, el poliestireno, la melamina, el acrílico y el ABS son sólo algunos ejemplos de la labor prolífica de los investigadores y los industriales.

6. ¿Y LOS PROCESOS? ALGUNAS NOTAS HISTÓRICAS

La abundante reseña de la historia de la Química alberga en escondidos rincones, confundida por una avalancha de fechas, nombres, lugares, contradicciones y relatos poco creíbles, a la historia de los plásticos.

Sin embargo cuando queremos hablar de desarrollo de los procesos y las máquinas para transformar los materiales plásticos la labor se vuelve una de mucho mayor dificultad. los historiadores parecieran estar más ocupados por nombres de popularidad científica, que por hechos y nombres poco conocidos, pero que sin su aportación la Industria de los plásticos no habría alcanzado el pasmoso desarrollo que hoy día vemos.

La historia de las máquinas y los procesos para transformar plásticos y la de los hombres que los hicieron posibles está estrechamente ligada a otros campos de la industria principalmente a los relacionados con el de los metales, lugar de donde provienen gran cantidad de estos personajes.

Concentrémonos ahora en los métodos y las máquinas para dar forma a los plásticos. Veamos una mezcla de procesos viejos y nuevos:

Los primeros reportes en la historia de los instrumentos para formar materiales sintéticos o semisintéticos son la técnica de los nativos del Brasil quienes introducen una y otra vez, una paleta de madera con las características deseadas, en un recipiente con látex líquido (tal cual como se obtiene

de los árboles). Esta paleta a cada baño de material se exponía a humo de fuego de madera, la pieza se engrosaba según el uso que se le daría para después ser retirada del "molde".

Entre los aztecas y mayas la técnica fue más allá pues llegaron a usar moldes incluso más complejos principalmente fabricados de arcilla o de otros materiales.

El "estado del arte" al respecto de esta técnica ha sufrido bien pocos cambios y aún hoy en día las empresas fabricantes de artículos de hule látex en nuestro país (que son muy pocos), utilizan el mismo proceso para fabricar principalmente globos infantiles y guantes para cirujano.

En Europa la situación fue diferente, el "caoutchouc" americano llamó la atención de gentes como/ Thomas Hancock quien empezó su industria simplemente uniendo caucho con piel, cuero o textiles. La gran cantidad de desperdicio resultado del proceso le preocupaba así que en 1820 logró una máquina trituradora que él llamó "masticadora" que generaba una masa de pequeños trozos de caucho sólido, esta masa se utilizaba, comprimiéndolas a alta presión en tubos que después cortados según la necesidad, formaban placas de cualquier tamaño ya que una junto a otras eran unidas por calor.

Hancock insistió en mejorar sus procesos por lo cual el siguiente paso fue la fabricación de una máquina que desmenuzara el caucho y lo calentara, permitiendo el añadir nuevos ingredientes para que finalmente por medio de rodillos se obtenían láminas que se aplicaban a múltiples usos.

Charles Macintosh al preparar un barniz de caucho disuelto en gasolina nafta y aplicarlo sobre textiles, dio un nuevo giro a la industria. Había fabricado la tela impermeable, para lo cual diseñó y montó una máquina "untadora" con la cual fabricaba tela impregnada a gran velocidad. Este tipo de máquina aún está en uso.

E. M. Chafee en 1836 inventó en los Estados Unidos una "máquina para aplanar caucho" que es el antecedente directo de las modernas máquinas de calandreado (capítulo X, apartado No. 5) y con la cual podía fácilmente superar la producción lograda por Macintosh en Inglaterra.

Por otra parte Charles Goodyear preocupado por las desventajas del caucho a temperaturas extremas trabajaba en la forma de evitar estas indeseables características. Finalmente lo logró en 1843 calentando el caucho que había sido previamente tratado con azufre para depositarlo en moldes para obtener la forma deseada.

Los éxitos de estos hombres llamaron a los industriales interesados en los plásticos, que deseosos de generar productos con mercados prácticamente vírgenes se avocaron a desarrollar equipo de transformación en las que algunos ya tenían cierta experiencia tal es el caso de John y Wesley Hyatt, quienes años atrás patentaron un tipo de celuloide muy elemental el que fabricaban peines y cepillos. Ellos en el año de 1872 patentaron la primera máquina para la fabricación de piezas inyectadas y seis años después presentaron el primer molde de inyección con varias cavidades.

La máquina de los hermanos Hyatt permaneció vigente durante muchos años, hasta 1921 cuando W. Eicengrum presenta un modelo de máquina inyectora que superaba por mucho a la primera. A partir de ahí la modernización de las máquinas de inyección y sus moldes sufrieron un acelerado proceso de cambios. Los primeros reportes del manejo exitoso de materiales más allá de los celuloícos inyectados corresponde al estireno en Alemania durante el año de 1931.

La historia de las máquinas para el proceso de plásticos parece opacarse por el asombroso desarrollo de los propios plásticos a los que han de formar. Los registros que dan fe de los adelantos en estas máquinas después de la Segunda Guerra decaen tanto en cantidad como en explicación de las mismas. Causas de esto puede ser el interés comercial que ellos llevan y habrá que recordar que tratamos de técnicas o máquinas que fueron realizadas apenas hace veinte o treinta años por lo que muchas de las patentes aún están siendo explotadas.

Por otra parte el desinterés de historiadores y tecnólogos se puede explicar en parte por ser un campo no explorado de reciente aparición, que nos permite a los investigadores obtener una perspectiva histórica que ubique al material en su real contexto y cuantifique el valor de sus aportaciones.

Esta falta se recrudece en nuestro país donde la industria del Plástico nace a mediados de los cuarentas de una manera muy tímida y no es hasta los setentas cuando comienza un ascenso firme, siempre basado en tecnología importada lo que da la innovación y la creatividad un estrecho margen para su desarrollo.

La historia de los materiales plásticos aunque (como ya antes hemos dicho) forzada a escribirse como un pequeño apartado de la Química y a tirones dentro de la Metalurgia, esta por plasmar sus mejores momentos y no através del apoyo de nombres de científicos sino de aplicaciones nunca ántes pensadas que generarán equipos de profesionales entre los cuales sin dejo de duda figura el diseñador industrial.

Para poder describir esta Historia propia no perdamos nunca de vista que ésta es incipiente - comparada con otros materiales como los metales o la madera- basta pensar que el hombre tiene manipulando semisintéticos en la Industria aproximadamente 170 años y sintéticos sólo 50, contra 4000 de los materiales más conocidos lo que nos lleva a pensar que la personalidad de los plásticos en términos históricos esta aún por delinarse.

7. CRÉDITO Y GLORIA. ¿A QUIÉNES?

A lo largo de la Historia de la Humanidad el reconocimiento de la misma a la mentes creativas, es uno de los móviles principales para que estas generen conocimientos, formas e ideas que despues de una u otra manera beneficien a la Sociedad.

En el mundo de los Plástico como en otros muchos cabe preguntar, ¿a quien reconocer como iniciadores e impulsores?... los historiadores no han titubeado, nombres como Alexander Perkes, Leo Baekeland, John Hancock y otros son manejados como los únicos héroes del relato. Si bien es cierto que su trabajo fue sumamente valioso, algunos fueron hábiles negociantes que lograron desarrollar las ideas de otros, pero que no fueron en rigor los creadores de los materiales. Resulta así poco equitativo que gentes dedicadas a sus investigaciones (algunas llevadas hasta el fanatismo como Goodyear) hayan recibido muy propio crédito y nada de ganancias.

Injusto también resulta el papel de "soldado desconocido" que han jugado técnicos y científicos cuyas modestas aportaciones seguramente no revolucionarán la Industria, pero sí han sido vitales para llevar a la misma al lugar en el que se encuentra hoy. Nos referimos a los encargados de investigar, formular y fabricar los aditivos, cargas y modificadores que acompañan a todo plástico industrial (ver capítulo IX), y que en ocasiones han permitido sacar al olvido a un material y colocarlo en el centro de la atención como ha sido el caso del PVC.

Así el reconocimiento deberá en un futuro ser más amplio, a manera de dar su lugar y escala tanto a los científicos que crean los materiales, como a los Ingenieros que hacen posible su fabricación, a los Industriales que ponen en un sólo lugar los elementos para producir los objetos de plástico y, porqué no, a los diseñadores que determinan las formas y seleccionan el tipo de material que han de hacer de un producto una mercancía que a fin de cuentas permitirá sobrevivir a todos los involucrados.

CAPÍTULO III

ESTRUCTURA MOLECULAR DE LOS MATERIALES PLÁSTICOS

INTRODUCCIÓN

El proyectar con materiales plásticos se presenta usualmente como el diseñar en un nivel de complejidad mayor. Esto es cierto.

Se podrá argumentar que hemos trabajado en infinidad de proyectos sin haber requerido nunca del conocimiento de la estructura molecular de los materiales sobre los que laboramos. Esto se cumple para los metales, maderas, y otras fuentes clásicas de aprovisionamiento; quizá tampoco sea necesario para manejar los plásticos pero esto conlleva un enorme desperdicio de posibilidades ya que como lo hemos visto en páginas anteriores, el campo de acción que ellos nos permiten - a diferencia de los otros materiales- es amplísimo.

El "manejo profesional" de los plásticos en la industria en un plazo muy corto determinará la desaparición o el progreso de muchas factorías del ramo en nuestro país y entendemos el "manejo profesional de los plásticos" no sólo como el trabajo al pie de las máquinas sino al trabajo eficaz durante todo el proceso de desarrollo de un objeto, desde el planteamiento de requisitos del mercado, diseño del producto, selección del material a transformar, prueba de formulaciones, elaboración de herramental, control de producción y seguimiento del producto.

En todo este proceso el "diseñador profesional de plásticos" seguramente tendrá un importante papel y debemos estar preparados para el mismo.

I. GENERALIDADES SOBRE LA ESTRUCTURA DE LOS MATERIALES

Comprender la estructura de los materiales y su funcionamiento permite obtener una Imágen sobre ellos de gran sencillez y utilidad al:

- 1.- Delimitar con precisión los requerimientos que se le plantean al material.
- 2.- Proponer las características que deberá cumplir un material "perfecto" para el caso particular.
- 3.- Seleccionar con habilidad el material más adecuado. Esto es disponible, económico y seguro.
- 4.- Para el caso particular de los plásticos, las consideraciones del reciclado del material.

El entender a satisfacción el concepto de estructuras de los materiales consiste en un ejercicio de abstracción simple, en el cual primero necesitamos saber CUALES son los átomos que están presentes y en segundo lugar, como estaban ENLAZADOS. Así, podemos mostrar este orden a través de una "celada unitaria" de gran simplicidad.

Las "celdas unitarias" se ordenan en cantidades enormes y forman lo que conocemos como "granos"

del material el cual muchas veces podemos observar sin necesidad de un microscopio o una lente de aumento.

Así, si entendemos los elementos de la estructura como:

- a).- Estructura atómica (QUE)
- b).- Estructura de la celda unitaria (DE QUE MANERA ESTAN UNIDOS)
- c).- Microestructura (COMO SE HAN UNIDO A OTRAS CELDAS UNITARIAS)

podremos con cierta facilidad clasificar los miles de tipos de materiales en pocas estructuras y sus combinaciones.

Ahora, resulta de gran importancia ofrecer una definición de "Estructura" la cual tomamos como: "La organización de un material que especifica cuáles átomos están presentes y en que cantidad, cómo están localizados en las llamadas celdas unitarias y los granos que de esta resultan".

Comprendido lo anterior el camino se hace llano y claro, pues determinadas las estructuras y como responden las mismas a ciertas condiciones (como la temperatura por ejemplo), podemos no sólo entender las propiedades específicas de éstos materiales sino que hasta seremos capaces de predecir su comportamiento bajo determinadas circunstancias. En el caso de los materiales plásticos incluso podremos ir más allá dado que estos conocimientos permiten a los ingenieros de polímeros el diseñar plásticos para necesidades específicas con un rango de error muy pequeño.

A manera de ejemplo en la situación donde no basta con conocer el análisis químico de un material, sino que además habrá que comprender su estructura; Traigamos a nuestra mente dos bolsas de las que nos son ofrecidas en los supermercados para empacar nuestras compras, una de ellas probablemente de mayor grosor y de sensación "cerosa" al tacto, la otra, más delgada produce un crujido muy sonoro si la arrugamos además de que la sensación "cerosa" es mucho menor. Ambas bolsas fueron fabricadas de polietileno, las dos responden al mismo análisis químico pero la diferencia estriba en el orden que presentan sus microestructuras y las cuales les dan características específicas a cada uno de ellos.

De estos materiales "Polietileno de baja densidad y Polietileno lineal" hablaremos a mayor profundidad en el capítulo X apartado 12.

Los materiales se dividen por las diferencias básicas que hay en los enlaces entre átomos y grupos de átomos. Por ejemplo; en los materiales los enlaces de tipo "metálico" permiten la conducción de la electricidad.

En las cerámicas los enlaces iónicos y covalentes ofrecen características como dureza y alta resistencia a conducir la electricidad.

En los materiales plásticos las fuerzas intermoleculares o de Van der Waals permiten el gran abanico de propiedades que en ellos encontramos.

2. LOS ENLACES ENTRE LOS ÁTOMOS

Primero revisaremos en forma sencilla los tipos de enlace presentes en las estructuras de los materiales y que nos conducen a diferentes propiedades.

En los cursos de química se nos dice que la estructura atómica está compuesta por un núcleo (carga positiva) rodeada por corpúsculos de carga negativa (electrones), éstos para efectos de estudio los colocamos a diferentes niveles de energía llamados "capas o anillos" Ver figura 2, abajo

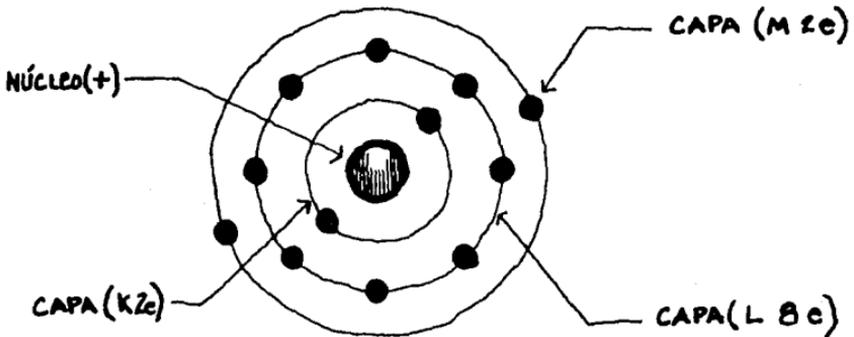


Figura 1. Átomo de magnesio donde se muestran sus partes típicas

Bien, ahora vayamos a las diferentes tipos de enlace.

2.1. ENLACE METÁLICO

No es nuestra intención profundizar en los materiales ajenos a los plásticos por lo cual sólo a manera de ilustración explicaremos como un enlace de este tipo interviene en una propiedad de los materiales: la conductividad eléctrica.

Los elementos metálicos presentan uno, dos, o tres electrones en la capa externa lo que permite que éstos se anclen en forma relativamente libre del núcleo, así abandonan a los átomos individuales y forman una "nube" o "gas" de electrones. Esta "nube de electrones" mantiene unido al grupo de átomos gracias a su diferencia de signos o cargas (-) y (+), respectivamente a la "nube" y a el núcleo del átomo.



Figura 2. Nube de electrones en un enlace de tipo metálico

Así, de inducir un voltaje a la estructura, los electrones de la nube se moverán rápidamente, produciendo una corriente. Fig. 3.

2.2. ENLACE IÓNICO

Esta unión se da entre un metal y un no metal; Ya sabemos que los primeros poseen en su última capa muy pocos electrones; a diferencia de los elementos no metálicos que pueden presentar en su último anillo muchos más y por lo tanto mucho mayor fuerza para atraer electrones de otros átomos.

Si continuamos la comparación de propiedades producto del tipo de enlace en los diferentes materiales, encontraremos que donde prevalece el de tipo iónico (como en el caso de los materiales cerámicos) la conductividad eléctrica es muy baja a diferencia del enlace metálico, esto se debe a que los electrones no se encuentran en una nube sino firmemente unidos a su enlace lo que impide su rápido movimiento.

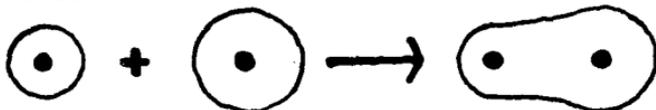


Figura 3. Enlace iónico esquematizado

Aunque lo encontremos principalmente en materiales cerámicos, también aparece (en mucho menor cantidad) en los materiales plásticos. En estos últimos prevalecen los enlaces llamados "covalentes" que junto con las "fuerzas intermoleculares de Van der Waals" moldean sus propiedades.

2.3. ENLACES COVALENTES

En la formación de enlaces covalentes no existe una pérdida o ganancia de electrón, pero sí átomos que tienen su última capa de electrones incompleta. Para completarse comparten sus electrones con otros que presentan la misma carencia. La unión que de esto resulta es un fuerte y estable enlace químico que se le denomina "enlace covalente puro".

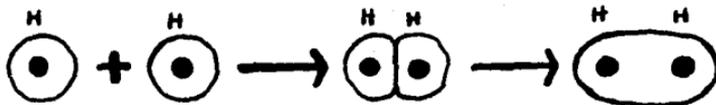


Figura 5. Formación de la molécula de Hidrógeno por medio de un enlace covalente.

La estabilidad de esta estructura le confiere características como dureza alta y baja conductividad eléctrica debido a que los electrones se encuentran "fijos" a su molécula. Estas propiedades las podremos encontrar tanto en plásticos como en cerámicas.

Dentro de la molécula la fuerza de enlace de tipo covalente obliga a que para provocar el rompimiento o separación de la molécula, haya que llevarla a condiciones extremas de temperatura y presión. Aquí para los plásticos, un punto de gran importancia; las "fuerzas intermoleculares" o "fuerzas Van der Waals" que se explican a continuación.

2.4. FUERZAS INTERMOLECULARES O DE VAN DER WAALS.

Estas fuerzas también son conocidas como "Enlaces Secundarios" o "Enlaces Sobrantes", ocurren en cierta medida en todos los materiales pero son especialmente importantes para los plásticos y otras macromoléculas.

Las moléculas como tal están estructuradas por un "esqueleto o columna" de carbono y de la cual penden átomos o formaciones de átomos, todo esto unido por enlace covalentes o iónicos y aunque asumamos que es una molécula "estable" la realidad es que siempre existen desequilibrios en la misma, estos equilibrios son de corte eléctrico lo que produce una polaridad positiva en un extremo y una polaridad negativa en otro, así las moléculas se atraen unas con otras.

Ejemplo de este fenómeno es la atracción que mantiene a las moléculas del agua cuando ella está en forma líquida. Ver figura 6.

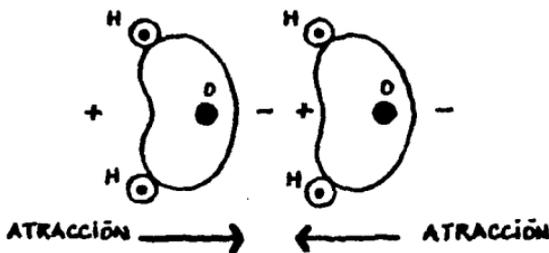


Figura 5. Fuerzas de Vander Waals entre moléculas de agua

En la medida en que las moléculas van creciendo en número, las fuerzas de adhesión también aumentan. No obstante las fuerzas de Van Der Waals son uniones eléctricas no químicas que nunca son tan fuertes como los enlaces ya revisados, por lo que con condiciones no tan drásticas de calor y presión podemos vencer estas fuerzas de atracción y provocar agitación molecular con lo cual el material fluirá, esto es, que será susceptible de cambiar de forma. De aquí la importancia de este fenómeno de atracción intermolecular para los materiales plásticos.

Un ejemplo de como el aumento de número de átomos en la molécula determina un incremento de las fuerzas de atracción y la relación que tiene este hecho con las propiedades de la molécula, lo encontramos en la del etileno ($\text{CH}_2\text{-CH}_2$) donde la proporción de carbonos e hidrógenos se mantiene constante desde a).- su estado gaseoso como molécula simple, pasando por b).- estado líquido, y finalmente convirtiéndose en el polietileno que conocemos esto es en c).- estado sólido. Ver figura 7.

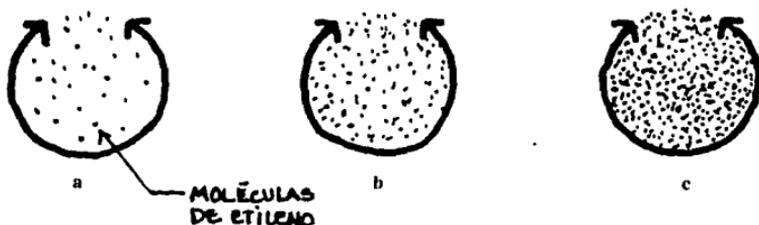


Figura 7.

a).- Estado gaseoso b).- Estado líquido y, c).- Estado sólido

El caso del polietileno representa la importante correlación que se da entre la formación de estructuras de los materiales plásticos y las características de los mismos.

Hasta este punto hemos puesto nuestra atención en como los átomos logran unirse unos a otros para formar microestructuras mismas que al sumarse a otras muchas más dan origen a estructuras de mayor tamaño las cuales podemos observar a simple vista y que forman la materia .

CAPÍTULO IV

ALTOS POLÍMEROS

Introducción

Este capítulo tiene como objetivo, aplicar los elementos expuestos en la pasada sección con el fin de dejar una imagen clara sobre las estructuras de los Materiales Plásticos y que dan a estos sus características.

Las Moléculas Gigantes representan un grupo deslumbrante de materiales no sólo por su acelerado crecimiento e importancia en la industria, sino además, por la manera en la que podemos manejar sus estructuras; acortándolas, alargándolas total o parcialmente. Las podemos extender, comprimir, deformar en fin tienen muchas más posibilidades lo que nos conduce a obtener materiales de características asombrosas de enorme utilidad en un sinnúmero de áreas.

El estudio de las Moléculas Gigantes o Macromoléculas o Altos Polímeros o Simplemente "Polímeros", se extiende en general a dos grandes campos, que delimitaremos a nuestra conveniencia para una mejor comprensión:

El campo de las enormes moléculas (Polímeros) que son la base de la vida. De estas se desprenden materiales tales como la lana, la seda, el algodón, la madera, la piel, las fibras y gomas vegetales.

El campo de las Moléculas Gigantes (Polímeros) fabricadas o modificadas por el hombre, tales como los materiales "sintéticos": Plásticos, Fibras o Elastómeros - además de los materiales "semisintéticos" como el caucho y la celulosa entre otros.

En este texto trataremos únicamente el último grupo de materiales y principalmente aquellos cuyo fin será la Industria Transformadora. Estos que forman parte de nuestra vida cotidiana los denominaremos, "Plásticos Industriales".

I. ¿PLÁSTICOS...? ¿QUÉ SON?

Si bien todos los diseñadores industriales poseen una imagen acerca de los materiales plásticos, es cierto que muy pocos de ellos podrán expresar una definición satisfactoria al respecto del tema. En honor a la verdad no es una respuesta fácil de emitir... tanta variedad de plásticos, tantos nombres difíciles, tantas aplicaciones, tantas publicaciones especializadas (¡demasiado especializadas!) y otros hechos más, hacen el determinar a los plásticos una labor muy compleja. Por lo que en realidad hace difícil esta labor es la VASTÍSIMA GAMA DE PROPIEDADES que presentan; pueden ser de una abrasión extraordinaria o de una suavidad impresionante, pueden ser completamente translúcidos

o totalmente opacos, pueden arder con gran facilidad o bien ser autoextinguibles por completo, pueden ser absurdamente caros o increíblemente económicos; así, la lista de propiedades llenaría una gran cantidad de páginas y la pregunta seguiría en pie...: ¿qué son los plásticos?

Para obtener una respuesta que podamos apropiarnos por su claridad y sencillez, analicemos las contestaciones que usualmente se dan a la pregunta y cuyo análisis nos llevará a obtener una caracterización de los Plásticos Industriales'.

1).- "Los plásticos son materiales que en su fabricación o utilización pueden moldearse a voluntad". Si, esto es cierto pero insatisfactorio. Porque de ser así tendríamos que considerar las mezclas de cemento para construcción a los materiales cerámicos y a los materiales dentro de nuestra definición.

2).- "Los Plásticos son materiales orgánicos o que están basados en la arquitectura molecular del Carbono".

Bien, los materiales plásticos sí están basados en la arquitectura del carbono, aunque las excepciones a esto cada día son más y se convierten en el centro de profundas discusiones entre los químicos. Ha quedado fuera el cemento y sus mezclas, pero, los aceites automotrices no los consideramos "plásticos"... y son de origen orgánico también.

3).- "Los Plásticos son un producto de síntesis en la Industria Química".

Es cierto que los plásticos (o al menos la gran mayoría de ellos) son resultado de procesos químicos que convierten materias primas en nuevos productos, pero, ¿Es la parafina un plástico?... ella también es el resultado de un proceso químico.

4).- "Los Plásticos son polímeros con un peso molecular muy grande, esto es moléculas con una gran cantidad de elementos que se repiten una y otra vez en conglomerados de enormes dimensiones (en términos de las medidas de los átomos)."

Sí, los plásticos están formados por moléculas muy grandes, pero existen en la naturaleza estructuras de mayor dimensión y complejidad que no podemos considerar "plásticos", no referimos a las enormes cadenas que forman las proteínas, las enzimas, y los famosos ácidos nucleicos (DNA y RNA).

Como podemos ver una definición de materiales plásticos que satisfaga a todos los implicados resulta difícil. Para efectos prácticos de este libro propondremos una:

PLÁSTICO proviene de la palabra griega Plastikos y cuyo significado es que es capaz de ser moldeado. Esto es que en alguna etapa de su producción o transformación puede tomar formas útiles de acuerdo a nuestra voluntad. Son sustancias estructuradas con grandes moléculas basadas en la arquitectura del carbono y resultan total o parcialmente de la industrialización del petróleo.

Posiblemente la definición que arriba se enuncia presente carencias o permita algunas ambigüedades, pero se pretende con ella sólo dar una herramienta al diseñador que recién se acerca a los materiales por el cual apelamos a su buen criterio y sentido común.

2. UN ESQUEMA DE CLASIFICACIÓN

El estudio vasto y complejo que puede resultar de los materiales plásticos los podemos facilitar clasificando los miles de ejemplos de los cuales podemos hacer generalizaciones. La lista de estas clasificaciones no obstante, puede ser muy extensa, por lo que seleccionaremos sólo aquellas que sean de interés para el diseñador industrial. Algunos incluirán términos que a estas alturas pueden ser incomprensibles para el lector al cual recomendamos no hacer caso de este hecho, puesto que serán aclarados más adelante.

a.- Por su estructura

Podemos empezar por preguntarnos si el material se ha ordenado como un conglomerado de moléculas sueltas o por una red finalmente unida.

Plásticos por su estructura	Conglomerado de moléculas sueltas
	Red de moléculas

La estructura puede estar formada por moléculas largas pero no conectadas químicamente entre ellas o por moléculas ramificadas.

Plásticos por su estructura	Lineales
	Ramificadas

Las moléculas pueden tener un sentido u orientación predeterminada o pueden también ubicarse al azar sin una orientación especial específica.

Plásticos por su estructura	Moléculas Orientadas
	Moléculas al azar

b.- por su estado físico

Las moléculas que forman los plásticos pueden guardar un estricto orden o, estar en un completo desorden. Estas formas de estructurarse y otras características entre ellas el paso molecular, pueden definir propiedades tan importantes como la transparencia u opacidad del plástico en cuestión.

Plásticos por su estado físico.	Muy ordenados o parcialmente cristalinos
	Desordenados

c.- Por su reacción a la temperatura

Es obvio pensar que el comportamiento a altas temperaturas constituye un importante factor en la selección de un material, durante el proceso de Diseño y Fabricación de productos. Esta conducta resulta crítica en la industria de los plásticos y puede marcar la viabilidad de producción de un objeto así como también la estabilidad del mismo durante su uso:

Los **TERMOPLÁSTICOS** son aquellos materiales que fluyen al ablandarse, esto se logra aplicando presión y temperatura durante un lapso de tiempo determinado. Es común la idea de que estos tipos de plásticos son "reprocesables" (susceptibles de ser nuevamente usado el material al término de la vida útil del producto) un sinlímite de veces. La realidad es que la naturaleza del material determinará el número de veces posible de remodelarse.

Esta conducta en los Termoplásticos tan atractiva para todos tiene en contraparte un gran desventaja; la temperatura máxima de uso de ellos es muy baja a comparación con otros materiales lo que determina su aplicación en ciertos campos.

Por otra lado tenemos a los **TERMOFIJOS**, que son aquellos polímeros que cuando han sido ya sometidos a la temperatura y alta presión su reacción, a diferencia de los termoplásticos, resulta irreversible: De alguna manera de que ni aún repitiendo las condiciones de su moldeo no logramos ablandarlos ni cambiarlos de forma. Podemos deducir que su aplicación es importante en campos en que la temperatura de uso es alta, condición bajo la cual los termofijos son muy estables.

Dentro de la Clasificación de los plásticos por su reacción a la temperatura se encuentran los ELASTOMEROS que con rigor científico pueden ser clasificados entre termofijos (de hecho muchos especialistas así lo ubican), debido a su estructura que es similar a estos aunque con un menor número de enlaces entre cadenas. Estos materiales aparecen en infinidad de productos (llantas por ejemplo) y se caracterizan, hablando en términos muy generales por mostrar reblandecimiento sin llegar a fundir cuando son sometidos a altas temperaturas.

Plásticos por su reacción a la temperatura	Termoplásticos
	Termofijos
	Elastómeros

d.- Por la conducta que presentan al ser sometidos a trabajo

Plásticos por su conducta al trabajo	Conducta de fibra
	Conducta de plástico
	Conducta de elastómero

Los materiales plásticos exhiben una conducta de FIBRA cuando su capacidad de estiramiento se muy baja y su oposición a la tensión es muy alta.

Los PLÁSTICOS pueden presentar microestructuras muy ordenadas o bien desorganizadas como hemos visto. Así sean duros y quebradizos a temperatura ambiente si esas estructuras no están entrelazadas se pueden suavizar y darles forma al aumentar su temperatura y presión.

3. EL CARBÓN

Durante la última mitad del siglo XIX los avances de la química orgánica con respecto a sus aplicaciones resultaba vertiginoso pero para tristeza de los químicos el conocimiento de las estructuras que permiten dichos fenómenos era sumamente reducidos y en ocasiones la realidad era que no sabían como empezar a explicarse las conductas de los nuevos materiales. Aceptaban, sí, la existencia de los átomos y que ellos se unían para formar moléculas, pero de ahí a poder responder bajo un esquema se organizan para formar sustancias orgánicas había un gran trecho.

Frederich August Kekulé químico alemán dio el paso inicial para poder explicar la relación de la estructura de los nuevos materiales con sus propiedades. Los historiadores de la química señalan en una de sus muchas anécdotas, que el investigador dormitaba en un carro tirado por caballos en la ciudad de Londres, soñó... "que unos átomos bailoteaban ante mi vista en el pasado siempre que estos cuerpucillos se me aparecían los veía en movimiento, pero ahora veía como muchas veces dos átomos pequeños se unían para formar una pareja; como uno mayor abarcaba a dos más pequeños; como otros todavía más grandes englobaba a tres e incluso cuatro de los pequeños, mientras el conjunto remolínaba como una danza loca. Y como mayores formaban una cadena, arrastrando tras de sí a los menores... el anuncio del conductor... me sacó de mi sueño..."

Las imágenes "vistas" por Kekulé aunque incompletas de acuerdo a la realidad (tal a causa de un conductor impertinente...) son aún hoy día válidas para explicar la estructura básica de los compuestos de carbono, había determinado el "esqueleto" básico de las materias orgánicas y permitió un avance mayúsculo en la química de la materia. El químico planteó una cadena de átomos de carbono como base de sus explicaciones mismas que a la fecha bien poco han cambiado.

Hemos anotado que la "estructura central o esqueleto" de Kekulé es el punto de inicio para la formación de la materia orgánica, estas cadenas están formadas por átomos de carbono el cual revisaremos en forma aislada:

El átomo de carbono podemos verlo en una forma sumamente sencilla como una esfera con cuatro puntos de enlace (la realidad es que los puntos de enlace forman un tetraedro que envuelve al núcleo del átomo, pero esta imagen, como se verá, es muy difícil manejar en las dimensiones del papel por lo que nos decidimos por el uso de una esfera para efectos de la explicación misma que se muestra en la figura 7 abajo). Estos enlaces son llamados "valencias"- vigor en sus raíces latínas-. Se acepta que el carbón lo podemos representar así:

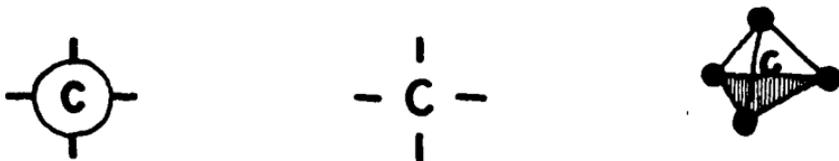


Figura 7a

Nosotros lo veremos también de esta manera:



Figura 7b Formas de representación de el carbón

Así el átomo de carbón tiene una "valencia" de cuatro brazos libres, mismos que usa con gran "agresividad" para unirse con otros átomos del mismo elemento o de otro, y formar de esta manera, largas cadenas sencillas o de una complejidad espectacular.

En estas estructuras los átomos de carbono se unen entre sí por medio de uno, dos, o tres enlaces comunes (esto es que comparten uno, dos o tres pares de electrones como vimos en el capítulo III) o bien puede unirse a los átomos de otro elemento.

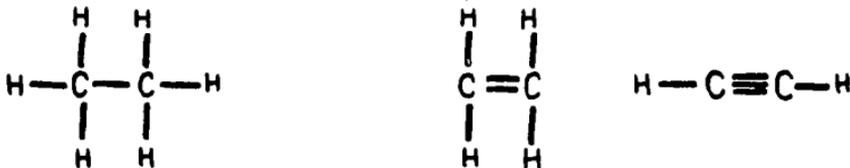


FIGURA 8 Enlaces (a) sencillos (b) dobles y (c) triples de carbono

Al irse sumando átomos de carbono (sólo o acompañado de otros elementos compatibles) las características de la materia van cambiando, desde un gas como el etano, al cual se le suman más carbonos que así lo transforman en aceites que para continuar serán ceras, cuando llegamos a un número de 1000 átomos o más tendremos un material con algunas propiedades de un plástico. Este fenómeno lo encontramos gracias de que a medida de que aumentamos elementos a las cadenas, las fuerzas de atracción (fuerzas de Van Der Waals) y otros elementos de unión van también en aumento.

Ejemplo de lo anterior lo encontramos con la serie del metano, la cual da comienzo con el gas metano o "gas de los pantanos" que recibe ese nombre debido a que además de obtenerse del petróleo, también brota en la superficie de los pantanos producto de la descomposición de vegetales en el fondo. Estos gases debidamente acondicionados encuentran usos principalmente en la combustión (como el gas L.P.). Al seguir uniendo carbonos a la cadena formaremos líquidos con aplicaciones médicas y para la mejora de gasolinas. Continuamos uniendo carbonos y nos encontramos que formaremos sólidos y ceras como la parafina de gran utilidad en el hogar y en la industria; posteriormente tendremos ceras más elaboradas como la vaselina, esta acumulación sucesiva de moléculas nos lleva muy lejos a los terrenos de el polietileno (con hasta 200,000 átomos de carbón por cadena).

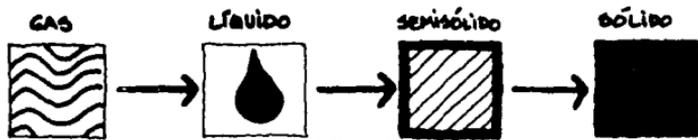


Figura 9 Uniendo átomos

Al avanzar la teoría sobre las estructuras de los materiales los compuestos químicos se dividieron en dos grupos principales; uno, la familia de las grasas los ALIFÁTICOS en el que se incluyen jabones, lubricantes, detergentes y otros más como los alcoholes. Estos materiales en su esqueleto son en lo general cadenas rectas de átomos a similitud de un collar de cuentas como es el caso de la familia del metano.

La otra familia, formada por elementos muy olorosos y que "reaccionan" fácilmente. Estos se denominan AROMÁTICOS, la misma facilidad para unirse con otros átomos o elementos hace que este grupo sea sumamente numeroso de grandes aplicaciones como son los anestésicos y medicamentos diversos, además de jugar un importante papel en la industria de los Plásticos.

La causa de esta habilidad de combinarse fácilmente con otros elementos provocó grandes polémicas entre los químicos al final del siglo XIX, ya que intuían que se trataba de una organización molecular que escapaba a los planteamientos entonces hechos. La respuesta vino (según la tradición) una vez más en los sueños de Kekulé, quien obsesionado por entender el comportamiento de los átomos soñó; filas de átomos nuevamente danzando ante sus ojos, pero una de esas filas o culébras, se mordía su cola y remolineaba.

Kekulé interpretó su sueño y determinó la organización de moléculas en un anillo de seis lados (anillo de Benceno) fig. 10. De esta manera además de dividir los compuestos orgánicos en "Alifáticos" y "Aromáticos" explicó diferentes y muy importantes cuestiones de la época como el concepto de "Isómeros", que son compuestos de contenido atómico idéntico pero diferentes en su acomodo o estructuración y por lo tanto diferentes en propiedades.

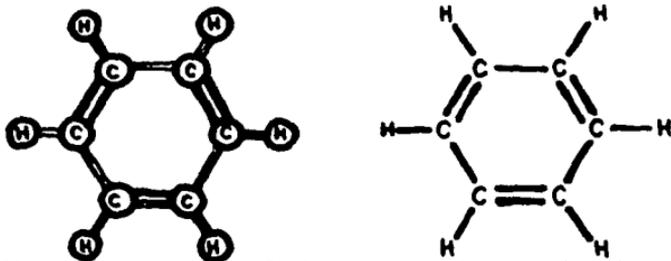


Figura 10 Representación (a) Pictórica y (b) esquemática del anillo de Benceno

Hermann Mark ejemplifica³ esta situación señalando la composición química de la seda - $C_5H_8O_2N_2$ - resultaba casi la misma que la de otros compuestos de fácil análisis partiendo del amoníaco y ácidos orgánicos. En el mismo caso El algodón (celulosa) presentaban la misma fórmula y sin embargo eran completamente diferentes ¿A que se debía esto?

La respuesta aunque en sus principios fue titubeante no se hizo esperar mucho: A la estructura y dimensiones de la molécula. Como ya anteriormente lo hemos revisado las moléculas eran mucho más grandes en los nuevos compuestos, y esto provenía de unión repetida una y otra vez de moléculas sencillas; de esta manera las MACROMOLECULAS o MOLECULAS GIGANTES sintéticas o naturales se forman por MEROS (moléculas simples) que unidas conforman a los POLIMEROS.

4. POLIMERIZACIÓN

Para explicar el proceso de formación de las cadenas regresemos al carbón y a la estructura central de los Polímeros que representamos como se muestra en la figura 11. Es un dibujo útil, aunque en la realidad los enlaces no se dan en ángulo recto con respecto al siguiente enlace, por lo que si imaginamos una cuerda torcida estaremos entonces sí muy cercanos a la realidad. La forma molecular descrita permite propiedades muy interesantes como la del alargamiento; si aplicamos esfuerzos de tensión a la materia las moléculas se extienden o alargan de manera muy superior a otras como pueden ser las de un metal, una cerámica o un cristal.

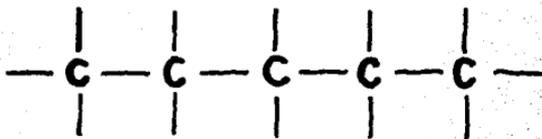


Figura 11 Esquematación de una estructura de carbonos sencilla

Si a esta sucesión de "monómeros" unidos por enlaces generalmente de tipo covalente lo hemos llamado "polímeros", bien, al proceso por medio del cual logramos dicha estructura le llamaremos **POLIMERIZACIÓN**.

Las teorías de Kekulé explican como se realiza esta unión:

Los materiales poliméricos nos indican con sus propiedades generales que el enlace covalente es el que predomina entre ellos, esto es ya que son en su mayoría materiales recios o estables, asumimos

que están unidos por enlaces "simples" el más estable de los enlaces covalentes.

La unión libre en que un brazo atómico queda libre para tomarse de otro es posible de obtenerse en el proceso de "Polimerización":

De la manera más sencilla obtenemos que el brazo libre proviene de la ruptura de un enlace doble, aquí uno de los brazos se sostiene de la molécula y el restante se usa para tomar el nuevo elemento de la cadena. Figura 12 abajo.

POLIMERIZACIÓN

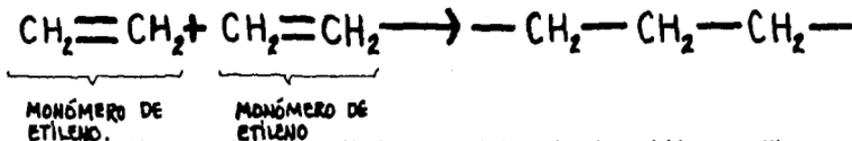


Figura 12 Formación de una molécula por rompimiento de enlaces dobles o sencillos

Al revisar la cadena notaremos que en los extremos de la misma quedan "activados" o listos para unirse con otros monómeros, de este modo el proceso puede seguir indefinidamente hasta la aplicación de un "terminador" que son sustancias que satisfacen a estos últimos brazos dando por finalizada la reacción y a la cual denominamos "POLIMERIZACIÓN POR ADICIÓN".

Para controlar el crecimiento de la cadena durante la Polimerización, la Industria aplica sustancias encargadas de ello ("agentes de transferencia"), como también otras sustancias (inhibidoras) que son los encargados de impedir el inicio de una reacción no deseada (de igual manera son aplicados usualmente para conservar a los materiales en largos períodos de Bodega).

El otro medio para unir monómeros es el llamado POLIMERIZACIÓN POR CONDENSACIÓN que implica la modificación del monómero original.

Aquí la cadena se produce mediante las reacciones de moléculas que poseen "Grupos Funcionales" y que son unidades que se dan con regularidad en los compuestos químicos además de que cada grupo transmite sus propiedades al compuesto resultante de la reacción. Los Grupos Funcionales orgánicos que reaccionan para generar polímeros son:

- a).- Grupo Hidroxilo
- b).- Grupo Carboxilo
- c).- Grupo benceno
- d).- Grupo Carbonilo
- e).- Grupo éster, y
- f).- Grupo éter

La reacción por lo general se realiza en presencia de un catalizador o bien de calor, y en algunos casos de ambos. Resulta común aquí la presencia de un subproducto como agua además del Polímero lo que hace necesario una separación al final del proceso. Ver figura 13.

Entre los plásticos que se obtienen en la Industria por esta manera, tenemos a los Fenólicos (ver figura 13abajo), a los poliésteres, los naylons o poliamidas y los policarbonatos.

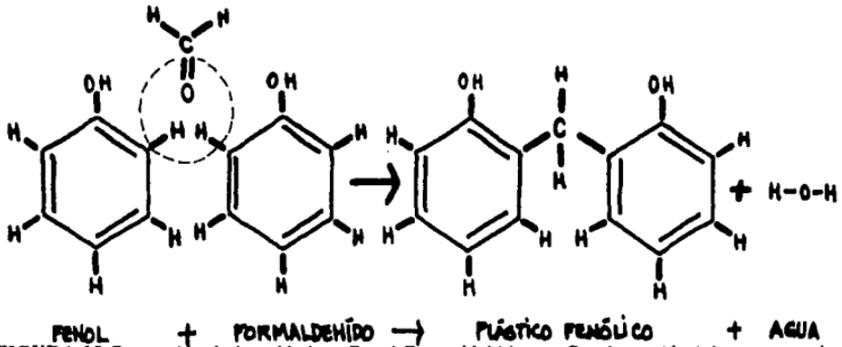


FIGURA 13 Formación de los plásticos Fenol-Formaldehído por Condensación (el proceso se ha simplificado para ilustración). Este plástico también lo conocemos como Bakelita

Citas Bibliográficas

(1) Dietz, G. H.

Plásticos para Arquitectos y Constructores

Ed. Reverté Barcelona 1973

pp. 46 y 47

(2) Mark, Hermann

Moléculas Gigantes

Ed. Ediciones Culturales Universales

México 1984

pp. 51

(3) Mark Hermann

op. cit. pp.56

CAPÍTULO V

LA ESTRUCTURA MOLECULAR DE LOS PLÁSTICOS

Introducción

Hasta aquí hemos descrito la formación de estructuras moleculares con relación a los procesos que llevan a la formación de moléculas gigantes. Antes de continuar hemos de recalcar la importancia de la "Funcionalidad" de las moléculas ya que de ello depende en mucho las características que presentará en su orden la estructura que obtendremos:

a).- Si las moléculas de que permitimos son "Bifuncionales", nuestro producto será "lineal" o en "cadena lineal".



Figura 14 Esquema del orden que presenta en su molécula un polímero lineal

Esto es un termoplástico, que como recordaremos es uno posible de ser procesado en múltiples ocasiones debido a que la cadena lineal, proviene de grupos "bifuncionales" los cuales no pueden crecer mas que en sentido lateral y no tiene uniones químicas con otras moléculas ya que mantiene su posición únicamente por las fuerzas de atracción intermoleculares o de Van Der Waals.

b).- Si uno de los tipos de las moléculas que vamos a unir es "Trifuncional" o mayor, podremos formar un Polímero Termofijo. Esto es que no reblandece con el calor, gracias a que la estructura que formaremos será una especie de "RED" en tres dimensiones. Ver figura 15.

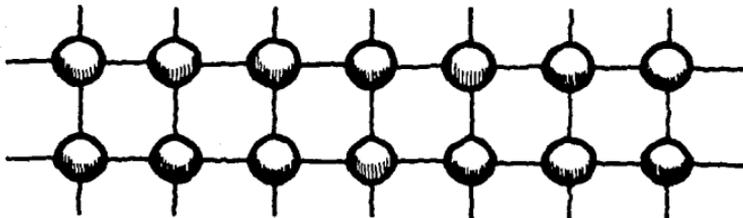


Figura 15 Formación de "Red" propia de un polímero Termofijo

En estas estructuras la presión y el calor en vez de permitir el deslizamiento de moléculas unas con otras, las obliga a sujetarse por mayor fuerza y de continuar estas condiciones en aumento el material finalmente se "degradará", es decir perderá sus características originales. Un ejemplo ilustrativo se da en los materiales de Fenol-Formaldehido (Bakelita) que se usan en la fabricación de partes eléctricas, principalmente por sus propiedades satisfactorias en este campo y las cuales de participar en un accidente como una descarga o corto, no se reblandecen sino que endurecen hasta "cristalizarse" volviéndose quebradizas.

Para obtener las características que deseamos o necesitamos de un plástico tendremos que jugar con tres variables; una, los componentes químicos presentes en la molécula o "composición química". Dos, la forma en que los monómeros se unen en cadenas, y. Tres, la ubicación que pueden adoptar las cadenas unas con respecto a las otras.

La combinación de estas tres variables hacen posible que tengamos materia los polímeros tan diferentes como el Propileno que ya como plástico se usa para moldera portafolios y vasos, o el poliestireno que en forma de cajas pequeñas protege artículos de Joyería.

1. LOS POLÍMEROS COMO ESTRUCTURAS

Desde el punto de vista de los tipos de estructuras que presentan los polímeros, estas se dividen así:

- 1.- Estructuras lineales
- 2.- Estructuras entrecruzadas, y
- 3.- Estructuras cristalinas

1).- Las estructuras lineales

Las largas cadenas de monómeros entrelazados se ubican sin orden alguno, sin forma definida y por esta razón la estructura recibe también el nombre "polímero lineal amorfo". Ver figura 16.

Para imaginarnos a esta estructura basta pensar en un tazón de fideos en permanente movimiento. Estos "fideos" pueden ser muy flexibles o poco, si son del primer caso obtendremos materiales de gran flexibilidad como el Polietileno. Si son cadenas poco flexibles nos encontraremos plásticos del tipo de los Policarbonatos que son de mayor rigidez.

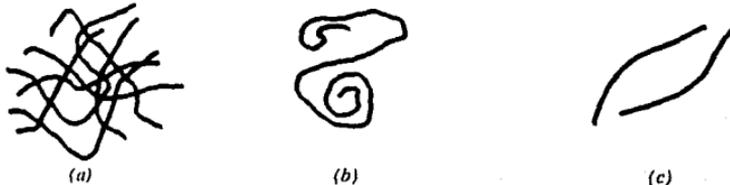


Figura 16 (a) Estructura lineal amorfa (b) Cadena Flexible y (c) Cadena poco flexible

Una propiedad de suma importancia que procede de la estructura lineal amorfa es la TRANSPARENTIA del material que se da gracias a las moléculas no se ordenan unas junto a las otras, lo que permite que entre ellas pasen rayos de luz.

La DENSIDAD de un material coopera a determinar propiedades tales como la rigidez y el peso del producto formado con ellos. En los plásticos el orden de las moléculas refleja su densidad ya que si estas se alinean unas junto a otras en forma estrecha o si una larga molécula se dobla contra sí misma tendremos un material más rígido y pesado que si a diferencia, guardará una estructura lineal no alineada. (Ver figura 17, siguiente página).

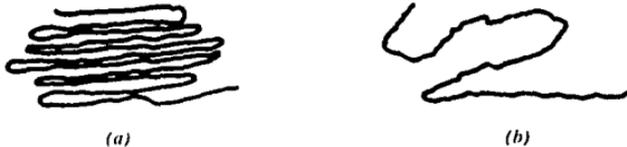


FIGURA 17 (a) Estructura lineal alineada, y (b) Estructura lineal no alineada

2).- Las estructuras entrecruzadas

Estas estructuras son propias de los plásticos termofijos y proceden de monómeros con características de "trifuncionalidad" o mayor capacidad de unión, las cuales al reaccionar forman una "red". (Figura 18)

Las estructuras entrecruzadas se presentan en dos maneras:

a).- Débilmente entrecruzadas

Las uniones entre moléculas no son muy numerosas aunque pueden ser muy fuertes. Ante la aplicación de un esfuerzo de tensión de las moléculas no se deslizan entre sí como en los termoplásticos, pero tampoco se rompen los enlaces. Esta propiedad la podemos encontrar en elastómeros y de los cuales un ejemplo conocido por todos es el hule vulcanizado.

b).- Altamente entrecruzados

Estos materiales son muy rígidos y sus aplicaciones se dirigen principalmente al campo de la Ingeniería, donde su gran cantidad de enlaces entre moléculas le da características como un excelente relación de Resistencia comparada con su peso.

En la polimerización de materiales plásticos, los beneficios en términos de propiedades no se limita a los que por naturaleza nos ofrece el polímero sino que los ingenieros mediante diversos procesos son capaces de modificar las estructuras y de esta manera obtener más y mejores características. Los cambios parciales de estructuras que permiten la generación de plásticos mejorados son:

Ramificación

Principalmente se lleva a cabo en polímeros lineales aunque también se aplica en aquellos de formación de Red. Se logra al agregar al proceso de polimerización un agente que se encarga de desplazar de su sitio original a un átomo de la parte lateral de la cadena (usualmente uno de Hidrógeno) de ahí a similitud de una rama de árbol crece una pequeña cadena. Esta nueva estructura mejora las características de algunos plásticos en forma importante, como es el caso del polietileno que ya ramificado aumenta su Temperatura de Fusión lo que hace posible que se le den nuevas aplicaciones.

Eslabonamiento cruzado

Este cambio a la polimerización, produce estructuras formadas en Red, y se usa para dar mayor dureza y tenacidad tanto a los termofijos como a los termoplásticos.

El enlazamiento cruzado se usa en varios campos en donde el más popular es en la vulcanización del caucho donde por medio del azufre logramos mejorar el enlace de moléculas originales de hule. Así cambiamos una masa pegajosa poco estable (que es como en forma natural se nos presenta el hule) en un material flexible y muy resistente.

También se dan otros usos al enlazamiento cruzado, como es el caso del polietileno aplicado en jeringas desechables y otras aplicaciones quirúrgicas (denominado como "grado médico"); este material en su estado original no puede esterilizarse pero es interconectado en sus cadenas por medio de radiaciones de alta energía las cuales hacen saltar átomos de hidrógeno de las cadenas adyacentes lo que deja momentáneamente brazos libres que se unen a otras moléculas y producen que el material termoplástico pase a ser parcialmente termofijo. De esta manera la jeringa de polietileno aunque menos transparente puede ser esterilizada. (Fig 18, siguiente página).

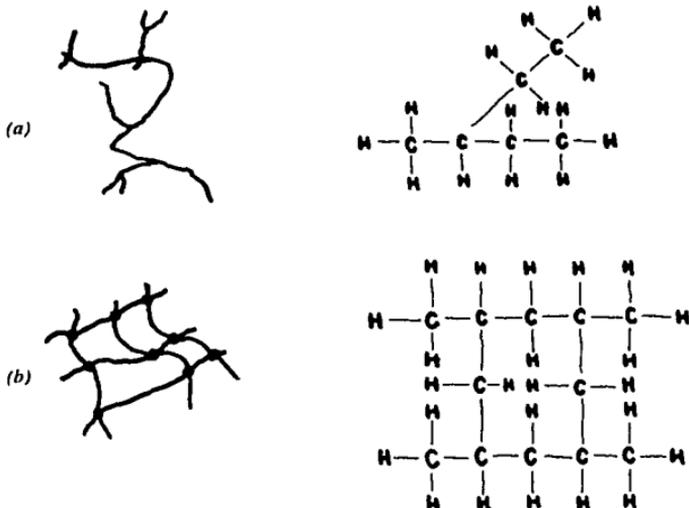


Figura 18

(a). Molécula lineal ramificada. Representación y "esqueleto"
 (b). Molécula ramificada en red. Representación y "esqueleto"

Escisión de anillos

Esta modificación parte del eslabonamiento cruzado, en este caso dos moléculas unidas a una tercera pero en forma de anillo.

El anillo se rompe al combinarse con el reactivo que promueve otro tipo de enlace. El mejor ejemplo de esta aplicación lo encontramos en adhesivos epóxicos de venta en supermercados los cuales se ampaan en dos pastas de diferentes colores, las que al combinarlas polimerizan o solidifican.

En términos muy simples, una de las pastas contiene la resina formada por moléculas que contienen anillo), y la otra contiene un iniciador de la reacción.

TACTICIDAD

Otro factor determinante en las propiedades de los polímeros (si bien la mayor importancia de este tema se da en la formación de moléculas cristalinas está en la ubicación de los grupos de átomos en la estructura). Se dan tres posibilidades para este acomodo:

La estructura "SINDIOTACTICA"

Ubica a los grupos laterales de la cadena en lados opuestos lo que produce plásticos tenaces de gran utilidad.

La estructura "ISOTACTICA"

Esta formación ubica a los grupos del mismo lado de la cadena e igualmente que las estructuras sindiotacticas genera materiales de gran tenacidad.

La estructura "ATÁCTICA"

Esta última agrupación de estructuras comprende aquellas que ubican sin ningún ritmo los grupos laterales a ambos lados del esqueleto. Productos de poca utilidad se obtienen con este orden puesto que funden a muy baja temperatura y son muy poco estables ante factores comunes.

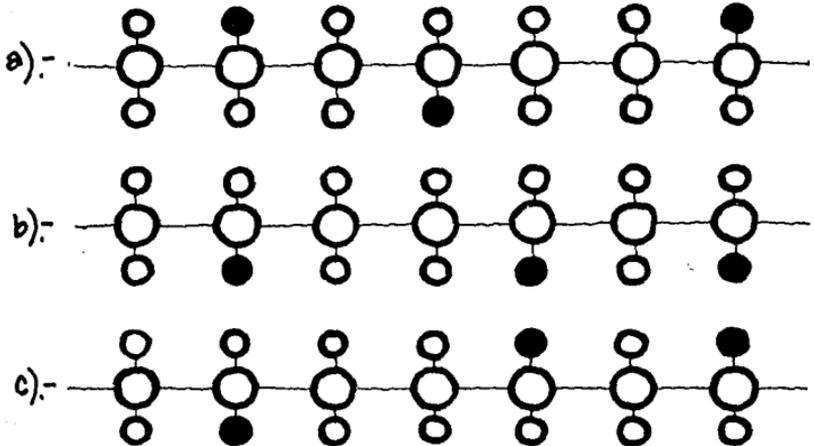


Figura 19 Estructuras tácticas (aquí se ejemplifica con una molécula de polipropileno)

(a). Sindiotáctica, ambos lados.

(b). Isotáctica, un sólo lado.

(c). Atáctica, sin orden establecido

Tema relacionado con la tenacidad en los polímeros y que además es clave para el campo de los hules naturales son las estructuras TRANS y CIS.

Aquí el problema es la ubicación de los grupos de átomos consiste en que no pueden cambiar de posición fácilmente debido a la presencia de enlaces dobles en la molécula.

En la estructura TRANS la ubicación de grupos se da de ambos lados de la cadena lo que hace que sea relativamente recta y quebradiza, ejemplo aquí la gutapercha

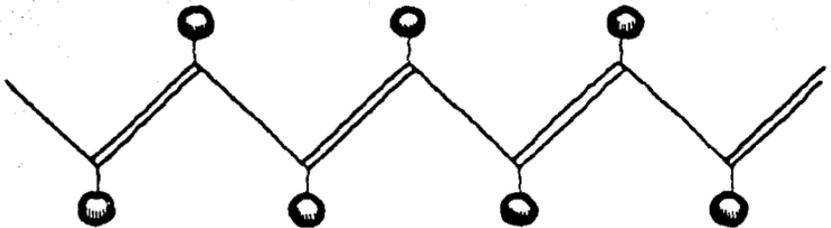


Figura 20 Esqueleto de la estructura "Trans-Poliisopreno" (gutapercha)

La estructura CIS ubica a los grupos colgantes en un sólo lado de la cadena, lo que al forzar los enlaces dobles girando los grupos, resulta en una estructura parecida a una espiral o resorte que da su propiedad al caucho.

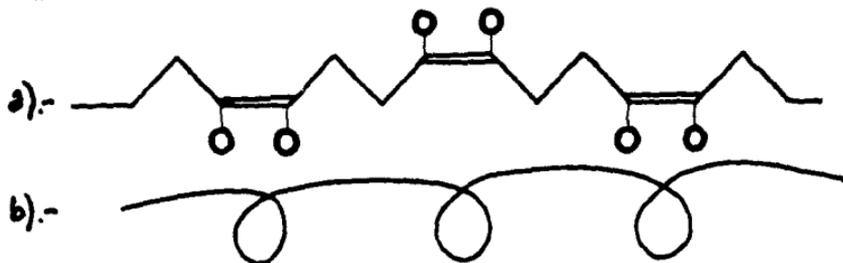


Figura 24 Esqueleto y representación de la estructura CIS-poliisopreno

3).- Las estructuras Cristalinas. Cristalinidad.

Los polímeros en estado sólido pueden ser completamente amorfos, parcialmente cristalinos o casi completamente cristalinos.

Esta estructura es especialmente importante para los polímeros lineales ya que su presencia indica propiedades de dureza y rigidez aunque modifica su transparencia.

Las estructuras cristalinas aceptan dos tipos de formación, una de "cadenas plegadas" o "micelas" esto es una larga cadena plegada sobre sí misma. Fig. abajo.

Las "Micelas Marginales" (aún sin el consenso de los investigadores), se explican como la ubicación de cadenas amorfas o desordenadas junto a otras cristalinas muy ordenadas. Todo esto según la teoría enlazado por una gran cadena que vaga por todas las regiones. Fig 25. abajo.

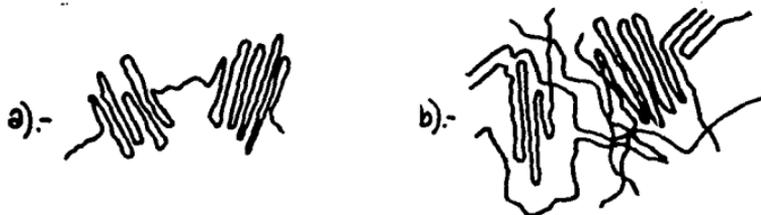


Figura 25 (a) Cadena plegada o Micelas. (b) Micelas marginales

ELASTÓMEROS

Si analizamos las cadenas de los Polímeros veremos que usualmente se muestran las que únicamente tienen carbono en la cadena principal, estas son las que hemos estudiado con cierto detalle. Pero hay que considerar que hay otro tipo de moléculas en los Polímeros cuyas cadenas principales contienen átomos adicionales como oxígeno, nitrógeno, azufre o silicio.

Estos se pueden obtener por una gran variedad de reacciones que resultan de gran importancia para la Industria como es la de el hule.

A reserva de estudiar con detalle a los tipos de elastómeros, diremos que son polímeros con cadenas de carbón homogéneas o heterogéneas, y las mismas son principalmente amorfas. Su temperatura de ablandamiento está muy por abajo de su temperatura de servicio, así por lo regular a temperatura ambiente en nuestro país son productos flexibles y resistentes esto se explica debido a que la cadena tiene segmentos ensortijados (a similitud de un resorte) poco entrecruzadas y de alta flexibilidad lo que le permite movimientos que en otras estructuras no serían posibles.

La principal desventaja de estos materiales radica en que a bajas temperaturas pierden su flexibilidad y pueden llegar incluso a ser quebradizos.

Las aplicaciones de los elastómeros son muchísimas y van desde nuestra bien conocida llanta para automóvil hasta la fabricación de válvulas artificiales para corazón.

LOS COPOLÍMEROS

Al polimerizar más de un monómero al mismo tiempo, resulta en una variedad de estructuras de suma utilidad. A esta combinación le llamaremos "COPOLÍMEROS" y al acto de enlazar monómeros diferentes en una sola estructura le llamaremos "COPOLIMERIZACIÓN".

Este fenómeno ha generado una gran cantidad de plásticos de gran valor para la industria transformadora y para muestra queda el ABS, que es un copolímero formado por tres monómeros: acrilonitrilo, butadieno y estireno todos ellos aportan sus propiedades para disminuir las características negativas de los otros.

Los Copolímeros pueden tomar diversas configuraciones según las posibilidades de los polímeros al copolimerizar o las características del proceso que se usará para su fabricación, estas estructuras son:

-Copolímeros Aleatorios

No muestran un orden molecular establecido como se muestra en la ilustración abajo.

-Copolímeros en Bloque

Aquí se enlazan cierta cantidad de monómeros de una sola clase que se unen a otra agrupación de monómeros de un sólo tipo en forma alternada.

-Copolímeros Alternos

Cada monómero se enlaza a otro tipo de monómero en forma alternada

-Copolímeros de Injerto o Injertados

Se aprovecha las posibilidades de ramificación de un polímero, para así generar el crecimiento de otro. Figura 23 abajo.

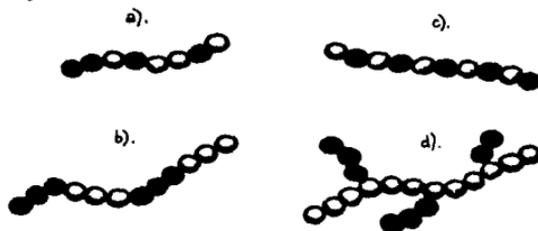


Figura 23 Esquema de la formación de (a). Copolímeros Aleatorios (b). Copolímeros en Bloque (c). Copolímeros Alternos (d). Copolímeros de Injerto o Injertados.

Resulta importante el señalar el peligro de confundir las MEZCLAS o ALEACIONES de Plásticos con los COPOLIMÉROS, ya que estos primeros son sumas de materiales poliméricos que no afectan sus moléculas originales por lo que sus características no cambian radicalmente cosa que si se puede lograr en la fabricación de los Copolímeros.

La diferencia entre ambos materiales se ilustra abajo.

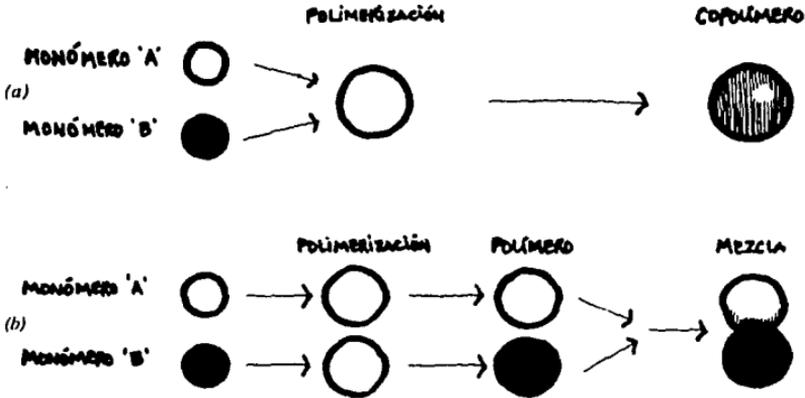


Figura 24 Formación de (a) COPOLÍMÉROS (b) MEZCLA

2. ESTADOS FÍSICOS DE LOS POLÍMEROS. TEMPERATURA DE TRANSICIÓN VÍTREA (T_g)

El ubicar a la cadena de enlaces únicos como estructura ideal facilita, la revisión de los estados físicos de los polímeros y permita analizar las condiciones extremas que pueden ellos adoptar.

Antes de entrar a la explicación de las condiciones de un polímero conviene recordar que las cadenas NO son cuerpos pasivos, quietos, nada más alejado ya que la actividad en ellos puede ir desde lenta y acompasada hasta frenética.

Si idealizamos movimientos de rotación libres en cada enlace sencillo (ver figura 25) de una cadena la misma podrá adquirir una infinita gama de formas y posiciones en el espacio. En términos sumamente sencillos explicaremos las condiciones extremas que se pueden generar en estos movimientos y que son:

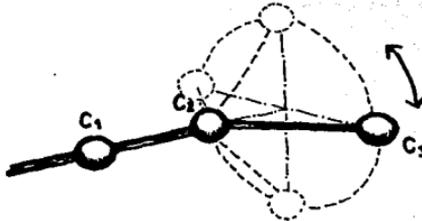


Figura 25 Ilustración del estado "ideal" de una cadena de polímeros donde C3, gira libremente con respecto al átomo C2.

a).- Polímero Fundido

En el estado de polímero fundido o de rotación totalmente libre, conforme se aumenta la temperatura alrededor de la molécula la rotación de la cadena es más rápida. Mantiene a el esqueleto en permanente movimiento lo que permite el deslizamiento contra otras moléculas y así el material cambia de forma.

b).- Condición del Polímero en vidrio

La condición del polímero en vidrio o sin rotación se da al bajar mucho la temperatura, la rotación del polímero desciende en velocidad hasta que finalmente deja de hacerlo y así la colección de moléculas queda estática por completo sin orden alguno.

c).- Condición de las moléculas empaquetadas o empacadas.

Las moléculas de un polímero pueden "apretarse" tanto contra otras que sus fuerzas intermoleculares impiden la rotación de enlaces. Este es el extremo de una "Condición de Cristal" donde si la temperatura desciende el cristal es aún más estable.

Los conceptos acerca de las condiciones de los polímeros sólo son el resultado de la fértil imaginación de los investigadores ya que ninguna de estas condiciones puede encontrarse tal como la vimos muchísimos factores lo impiden. Así los científicos lo saben y lo advierten.

Con los antecedentes hasta ahora logrados resultará fácil comprender las temperaturas de transición principales de los polímeros; la TEMPERATURA DE TRANSICION DEL VIDRIO (T_g) y la TEMPERATURA DE FUSION (T_m).

T_g. La Temperatura de transición del vidrio ("glass transition temperature"), es la temperatura en que abajo de ella desciende la actividad de rotación de los átomos y de seguir en descenso llega a cesar totalmente. En otras palabras es el punto DONDE UN POLIMERO PASA DE UN ESTADO SOLIDO A UNO CADA VEZ MAS FLEXIBLE conforme aumenta la temperatura.

Para la Industria Transformadora de Plásticos resulta de gran utilidad el conocer el T_g de cada material por procesar, sobre todo si es un polímero con cadenas lineales (como el Polietileno) ya que al llegar a su T_g podremos aplicar diversos esfuerzos al material en proceso, "orientar sus moléculas haciéndolas más resistentes para determinados usos. Tal caso se da en la fabricación de películas y sogas.

También el comprender este fenómeno nos ayudará para interpretar otras temperaturas útiles en la transformación como son la temperatura de moldeo, la temperatura de maquinado o la de degradación entre otras y que son diferentes en cada tipo de plástico. Abajo se muestra una gráfica simplificada de T_g donde se muestran algunas temperaturas de interés para el diseñador.

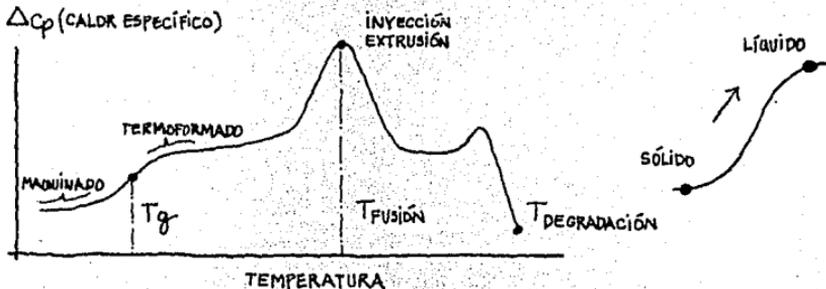


Figura 29 Termograma de un material semicristalino

Es conveniente señalar que las temperaturas en la gráfica se deben manejar en la realidad como "rangos de temperatura" y no como un punto bien determinado. Esto se debe a que cada muestra lleva características propias, tales como peso molecular y estructura atómica individual la que puede presentar mayor o menor orden lo que modifica las propiedades "teóricas" de los materiales en cuestión, así, este hecho hace imposible la definición de temperaturas de transición siempre válidas y precisas.

CAPÍTULO VI

PROPIEDADES DE LOS PLÁSTICOS

Introducción

Bajo este presuntuoso título nos encontramos en un mundo sumamente complejo que por sí mismo podría abarcar gran cantidad de tomos, no es nuestra intención desarrollar uno más.

El objetivo de esta sección es proveer al lector de algunos conocimientos útiles al respecto de los materiales plásticos los que pueden ser ampliados y profundizados fácilmente, acudiendo a la bibliografía adecuada como son textos de Física, Resistencia de Materiales y temas afines.

Entre las propiedades más importantes de los materiales generalizaremos las siguientes:

1. Dureza
2. Densidad
3. Propiedades Mecánicas
 - 3.1. Resistencia al impacto
 - 3.2. Fatiga
 - 3.3. Resistencia a la tensión
 - 3.4. Flexión
4. Propiedades Térmicas
 - 4.1. Dilatación y Contracción
 - 4.2. Transmisión de Calor
 - 4.3. Inflamabilidad
5. Propiedades Eléctricas
 - 5.1. Resistencia Eléctrica
 - 5.2. Factor de Disipación
 - 5.3. Resistencias al arco
6. Resistencia a agentes químicos
7. Durabilidad
8. Reciclado de materiales plásticos

El haber seleccionado exponer sólo estas propiedades y dejar de lado otras obedece al hecho de que a nuestra forma de ver estas son las más importantes para el diseñador de producto ya que su manejo pueden determinar el éxito o fracaso de un objeto fabricado en plástico.

Encontraremos en esta sección que los conocimientos generados en los capítulos anteriores vienen a afirmarse y ponerse en práctica aquí, ya que hablar de propiedades en los polímeros (que podemos hacer extensivo para otros materiales) es en realidad hablar de las relaciones entre las estructuras que ya hemos revisado, y que nos permitirán incluso a predecir éstas propiedades.

1.- Dureza

Como en el caso de otros materiales indica en alguna medida la resistencia del mismo. Esta propiedad consiste en que, debido a las diferentes fuerzas que se presentan entre los constituyentes de la materia o de un material específico, estos se resisten a ser penetrados o rayados por otros.

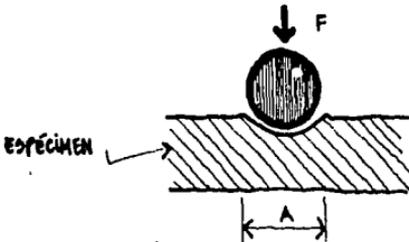
Existen diversas escalas para medir la dureza de un material, algunas muy elementales pero prácticas como la propuesta de H. Mohs y su "Escala de dureza":

1).- Talco, 2).- Yeso, 3).- Calcita, 4).- Fluorita, 5).- Apatita, 6).- Ortoclasea, 7).- Cuarzo, 8).- Topacio 9).- Corindón y 10).- Diamante.

En atención a esta tabla podemos determinar cualquier dureza simplemente probando muestras de aquellos materiales, intentando rayar nuestro espécimen y el grado se fijará como el punto entre el último material que no rayó y el primero que lo hizo.

Otra prueba para determinar el valor de dureza consiste en el "número de Brinell" (BHN) el cual es ampliamente aplicado a la Industria y consiste en presionar con una fuerza determinada en un diseño de prueba, una pequeña canica de acero sobre la superficie de la muestra, la cual al repartirse la fuerza dejará una huella en el material.

Finalmente la dureza se cuantificará al dividir la fuerza aplicada sobre la esfera entre el área de la huella que quedó en el material estudiado.



$$DUREZA = \frac{(F)}{(A)} \frac{FUERZA APLICADA}{HUELLA}$$

No es necesario un profundo análisis para determinar que esta prueba nos indicará que los materiales flexibles serán suaves y que los rígidos presentarán un mayor grado de dureza. Por ejemplo de estos podríamos situar como representante del primer grupo al Polipropileno y de segundo al Policarbonato.

Otro ensayo para determinar la dureza de los materiales es la "Prueba Vickers" (VHN) que consiste en presionar una pirámide de diamante contra nuestro espécimen y así, al retirar la fuerza de presión se mide diagonalmente la marca que ha dejado en el material y se refiere a una tabla. Figura 31.

Las pruebas hasta ahora descritas (Mohs, Brinell y Vickers) son sólo ocasionalmente aplicadas en materiales plásticos, y su uso se reserva para probar polímeros muy especializados como los que se usan en la Industrias Aeronáutica y Automotriz.

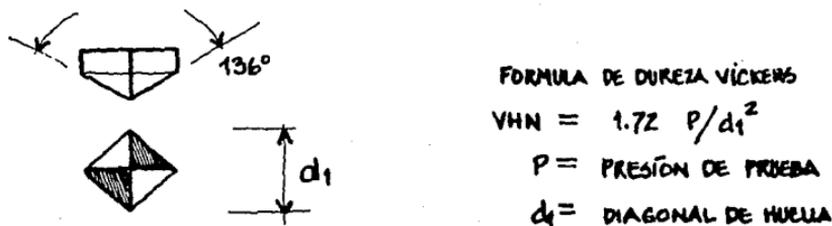


Figura 31. Esquematzación del ensayo de dureza Vickers

Normalmente la dureza de los plásticos se determina por medio de los siguientes ensayos:

a).- Prueba de dureza "Rockwell modificado".

Se realiza el ensayo mediante la caída de esferas fabricadas en acero de dureza diferente. Estas canicas se dividen en "grados" R, L, M, E y K donde esta última es la más dura. Cada unidad de medida significa la penetración progresiva de 2 milésimas de milímetro en nuestro espécimen.

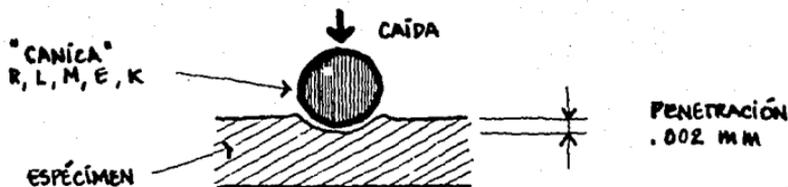


Figura 32. Esquematzación del ensayo de dureza "Rockwell Modificado"

b).- Prueba de dureza "Shore"

Esta prueba es similar a la que vimos como dureza "Vickers" aquí la medición se hace con un cono el cual hacemos penetrar al material. Este cono se presenta en dos durezas A y D.

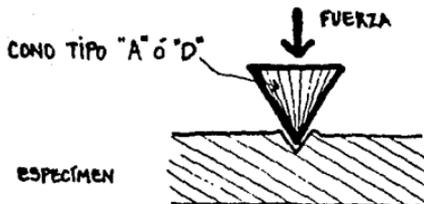


Figura 33. Esquematzación del ensayo de dureza "Shore".

2.- Densidad

El conocimiento de la densidad de un material plástico resulta de gran importancia para realizar los cálculos que determinan la cantidad de materia prima para la fabricación de un producto.

La densidad resulta de dividir la masa de una parte de sustancia que se trate, entre su volúmen. En otras palabras es el peso del material contenido en su unidad de volúmen. Para los plásticos se aplican en nuestro país las unidad gr/cm³.

$$\text{DENSIDAD} = (\text{gr/cm}^3) = \frac{\text{masa}}{\text{volúmen}}$$

En paralelo al manejo teórico, hay que considerar factores que afectan a la densidad de los materiales como pueden ser (principalmente en los plásticos) la temperatura y la presión. En el caso de la Temperatura hay que anotar que esta modifica, aumentándolo, el volúmen específico del material.

Para la presión, esta puede modificar la densidad haciéndola mayor ya que comprende un mejor "empacado" de las moléculas así se modifica la relación entre masa (gramos) y volúmen (centímetros cúbicos). Todo esto puede resultar en diferencias significativas en las dimensiones finales de la pieza en la que se trabaja.

Los plásticos presentan una gama de densidades que van desde 0.8 gr/cm³ para el caso del polietileno hasta 2.2 gr/cm³ o un poco más que corresponde a los "polímeros fluorados" cuyo ejemplo más popular es el "Teflón" de uso común en la Industria productora de baterías de cocina como recubrimiento.

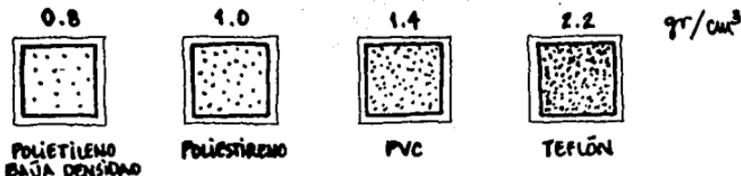


Figura 34. Algunas densidades de los Plásticos a Temperatura Ambiente

3.- Propiedades Mecánicas

La generalidad de las pruebas de Resistencia Mecánica apuntan a la "resistencia última" es decir al punto o a un punto muy cercano a la ruptura total del espécimen. El determinar este momento y cuantificarlo en el campo de los materiales plásticos resulta aún más complicado que para otros, ya que se conduce normal en los plásticos que antes de llegar a un punto de ruptura presentan deformación no elástica es decir que no retoma su forma original. En algunos tipos de plástico esta deformación es corta antes de llegar al último punto, pero en algunos otros es muy larga.

Por otro lado conviene recordar que salvo muy contadas veces el material no está sujeto a esfuerzos "puros" como los que se intentan reproducir en un laboratorio, y que determinan toda la información de la que el diseñador se vale para seleccionar un cierto tipo de material y proponer la forma que ha de presentar el objeto. Si bien todo esta mar de números y tablas se realizan (queremos creer) con rigor científico y responsabilidad no dejan de ser un terreno poco firme para el proyectista novato por lo que recomendamos atender siempre que sea posible los consejos y opiniones de proveedores y técnicos.

3.1) Resistencia al Impacto

A la oposición que pone un cuerpo al prolongar una fractura producida al aplicar violentamente una fuerza le llamaremos "Resistencia al Impacto".

Existen dos métodos principales para determinar esta resistencia. Ambos requieren una muestra (o probeta, o espécimen, lo mismo da) como la que se muestra en la figura de abajo. Y consiste básicamente en golpear en forma controlada:

- Por un extremo. Prueba IZOD.
- Por el centro de la muestra. Prueba CHARPY.

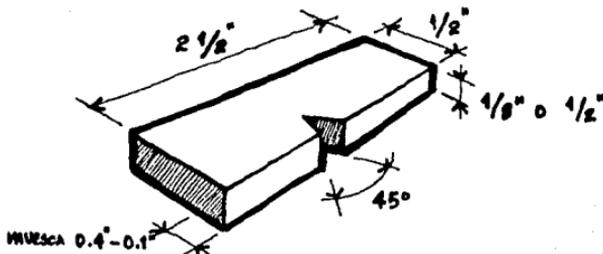
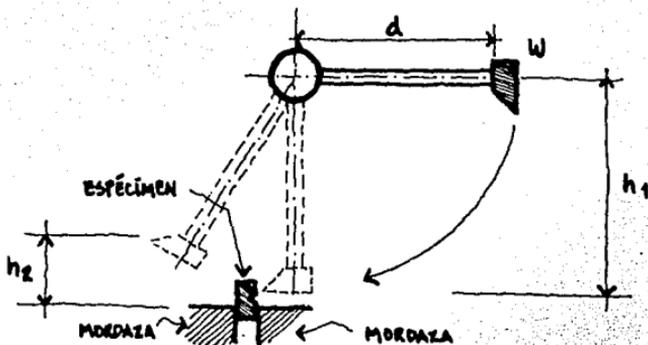


Figura 35. Dimensiones y características de la muestra para pruebas IZOD y CHARPY.

a).- Prueba Izod

El probador de impacto Izod es un instrumento sencillo en el que un brazo con martillo tiene cierta energía potencial antes y después de romper la muestra, (en el caso que el experimento tenga la intención de determinar la energía necesaria para romperla) ver figura 36.

Resistencia al Impacto Izod = Energía necesaria para romper la muestra



$$\begin{aligned} \text{Energía para romper la muestra} &= (h_1 - h_2) \frac{W \text{ peso del martillo}}{d \text{ (espesor de la muestra)}} \\ &= \text{pie} \times \text{libra} \times \text{pulgada} \end{aligned}$$

Figura 36. Esquema de la prueba de Impacto Izod y formulario para su determinación.

Hay características que modifican el resultado del ensayo estos son válidos tanto como para la prueba Izod como para Charpy que veremos inmediatamente y estos son:

- Espesor de la Probeta o muestra
- Temperatura durante el ensayo
- Medio ambiente del Laboratorio de Pruebas

Aunque aquí encontraremos que las unidades usadas para este experimento son pie x libra/pulgada, la que usualmente encontraremos en tablas comparativas son únicamente pie/libra.

El experimento sufre una modificación al probar hules y plásticos suaves ya que de otra manera sería muy difícil de realizar. Consiste en disminuir progresivamente la temperatura de la muestra hasta que se rompe a esta prueba se le denomina "fragilidad por temperatura"

b).- Prueba Charpy

Aquí a diferencia de la prueba Izod donde la muestra se sujeta por un extremo, la Prueba Charpy simplemente apoya la probeta en posición horizontal. Ver figura 37. abajo.

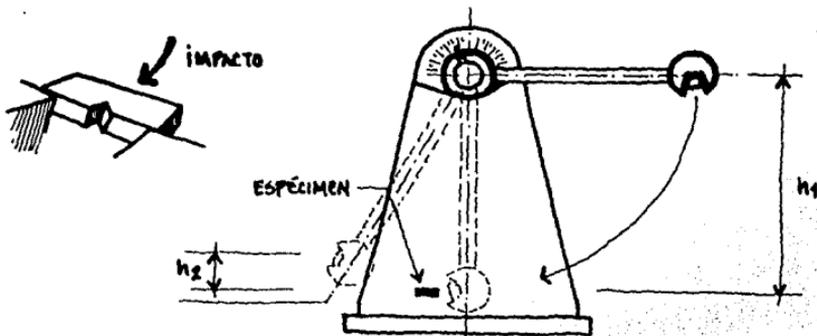


Figura 37. Esquema de la prueba de Impacto Charpy

Lo que en realidad medimos en estas pruebas es la energía para causar la rotura o la "Tenacidad" que es el área bajo la curva de la gráfica Esfuerzo contra Deformación. Los comportamientos de los materiales plásticos se muestran abajo sin unidades y sólo con la intención de ilustrar esas conductas:

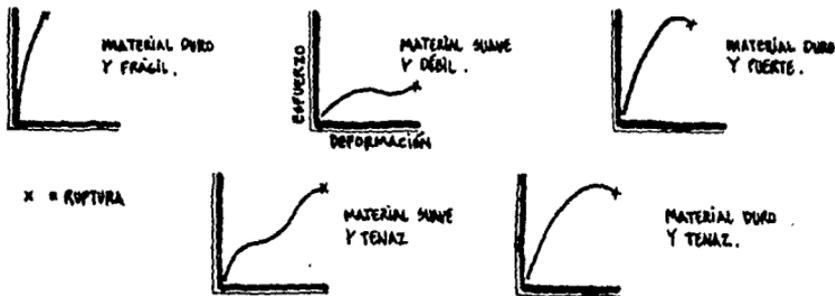


Figura 38. Curvas típicas de la relación esfuerzo-deformación, en los materiales plásticos.

Así definiremos "Tenacidad" como la energía que se absorbe en un punto de falla. Esta energía como puede notarse en las gráficas arriba, puede concentrarse elásticamente como en el caso del hule o disiparse como calor si es un material plástico más duro.

Resumiremos que la "Resistencia al impacto de un plástico" depende particularmente de su temperatura de transición T_g , y del grado de orden que sus moléculas muestren;

Si son polímeros lineales amorfos serán frágiles abajo de su T_g y su resistencia será mayor al acercarse a esta temperatura.

Si son polímeros cristalinos (ordenados) la resistencia al impacto disminuye al aumentar la cristalinidad, y si esta baja la resistencia al impacto aumenta.

3.2).- Resistencia a la fatiga

Al someter a un material plástico una y otra vez este finalmente fallará, se romperá o fracturará aunque la fuerza que se haya aplicado esté por abajo del esfuerzo extremo que hemos determinado por los ensayos de Impacto. Mientras más abajo se encuentre la fuerza que aplicamos del punto extremo de ruptura mayor número de ciclos requeriremos para producirla.

Los Materiales Plásticos presentan dos conductas según sean sus materiales rígidos o flexibles.

- En los plásticos rígidos como el acrílico la falla por fatiga se presenta en forma tajante y acompañada de un importante aumento en la temperatura medida en el punto de fractura.

- En los plásticos flexibles como el hule la falla se presenta en forma mucho más gradual evidenciando grietas o si para efectos de la prueba se le aplica un corte a la muestra este último continuará su crecimiento.

El esfuerzo generado por los ciclos de prueba calentará a la muestra en el punto de fractura lo que incrementa la falla por degradación además de por fatiga.

La resistencia a la fatiga también se ve afectada por las siguientes variables:

1.- Concentración de esfuerzos debido a los radios y filetes de producto lo que atañe directamente a el diseño del mismo.

2.- Esfuerzos residuales. Durante la fabricación del producto o muestra se ha favorecido un enfriamiento precipitado lo que proporciona que las estructuras moleculares no se ordenan debidamente lo que generará tensiones, mismas que se evidenciarán ante cualquier esfuerzo.

3.- Condiciones ambientales que afectan significativamente el trabajo de la pieza.

3.3) .- Resistencia a la tensión

La definiremos como la oposición que presenta un cuerpo a ser estirado. Para determinar esta propiedad las unidades que lo representan son de fuerza/área.

Debemos recordar que siempre que se ejercen fuerzas sobre sólidos, estos se deforman cualquiera que sea el sólido y la fuerza empleada; pero si retiramos la fuerza pueden suceder dos cosas:

- Que el cuerpo recupere íntegramente su forma y volumen que tenía al iniciar la prueba. Decidimos entonces que la deformación sufrida es "elástica".

- Que el cuerpo no los recupere, fracture o falla diciéndose que la deformación es "plástica o inelástica".

Así podremos fácilmente comprender la "Elongación" de los materiales plásticos, como la deformación que sufre un cuerpo al estirarse y que se expresa en porcentajes.

El "Módulo de elasticidad" es un importante dato siempre útil al diseñador y lo definimos como la relación entre la fuerza ejercida al estirarse un cuerpo y la deformación que este sufre. Sus unidades se expresan en la relación Fuerza/Aerea.

Como en otras características de los plásticos, el módulo cambia drásticamente según el lapso de tiempo en que se aplique el esfuerzo y la temperatura a diferencia de otros materiales en donde los resultados son muy consistentes.

Los valores de módulo de tensión muestran grandes diferencias entre los tipos de plásticos y no es difícil comprender que estos valores son cientos de veces (para algunos casos) más pequeños que los de las cerámicas o de los metales. Esto es de suma importancia sobre todo si trabajamos en la sustitución de una pieza de tipo mecánico.

También habría que notar que los valores de los materiales Termoplásticos son mucho más bajos que los de los materiales Termofijos.

Las pruebas para estas propiedades se realizan en una *Máquina de Pruebas Universal* y la muestra o probeta para los ensayos debe mostrar las siguientes dimensiones y forma;

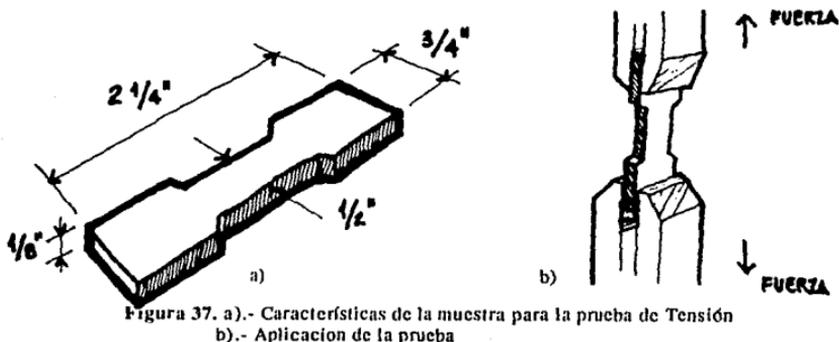


Figura 37. a).- Características de la muestra para la prueba de Tensión
b).- Aplicación de la prueba

3.4) - Flexión

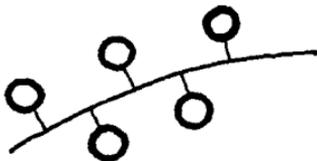
La Flexión como la rigidez en los Polímeros varía de valores muy elevados hasta otros muy bajos, estos últimos corresponden a plásticos blandos como es el látex.

Como en otras propiedades, la flexibilidad de un polímero la determina especialmente su estructura molecular:

- Los plásticos con estructuras lineales y amorfas por lo general son muy flexibles tal como lo muestra la cadena, en la siguiente página:



- Un factor que afecta la flexibilidad de la cadena y por lo tanto del material son los grupos colgantes, como es el caso del poliestireno:



- La longitud de la cadena puede afectar la flexibilidad del plástico ya que si esta es excesivamente larga podría "enredarse" consigo misma o con otras, como se observa a continuación.



La temperatura de Transición vítrea es además una medida de flexión ya que un plástico mientras más alta sea su "Tg" menos flexibilidad será, aunque en el caso de los materiales entrecruzados esta aplicación tal vez se vea afectada.

El Peso Molecular modifica las propiedades de flexión de los materiales plásticos. Recordemos que el peso molecular se define, como la suma de los pesos de los componentes de una molécula dada. Luego si agregamos alguna sustancia que distancie a las moléculas lograremos un sustancial incremento de flexibilidad: Esta es la función de los "Plastificantes" que veremos con mayor detalle en el capítulo XI.

Podremos decir que la "Resistencia a la flexión" es la oposición que presenta un cuerpo a ser doblado. Para realizar la prueba de flexión en un material plástico se requiere que la muestra por sufrir el experimento tenga las dimensiones que se muestran en la siguiente página, en la figura 40.

La prueba consiste en someter la muestra (como se muestra en la figura 40), en una Máquina de Pruebas Universal, a una fuerza aplicada en el centro de la misma hasta que:

- a).- Si es un plástico rígido suceda su *falla catastrófica* (ruptura total).
- b).- Si se trata de un plástico flexible, la muestra llegue a una deformación del 5%

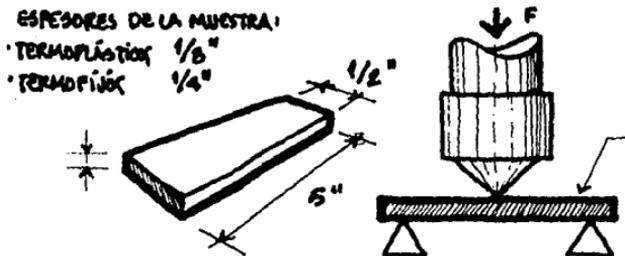


Figura 40. Características que debe mostrar el espécimen para pruebas de flexión y su empleo en las mismas, aplicadas a materiales plásticos.

4).- Propiedades Térmicas

4.1).- Dilatación y contracción

Como sucede en todos los materiales en mayor o menor proporción los plásticos se dilatan y contraen al aumentar o disminuir la temperatura, pero para muchos de ellos es apreciablemente mayor que el que notamos en otros materiales. Esta característica complica el diseño de una pieza y en especial si es de precisión. Esta complejidad se refleja también en el diseño del molde que formará la pieza.

La dilatación térmica se especifica en tablas con la unidad $mm \times m \times 100^\circ C$ y que se le denomina *coeficiente de dilatación*.

4.2).- Transmisión de Calor

Comparados con los materiales metálicos, los plásticos resultan aislantes de calor, esto es que la "conductividad térmica" de los polímeros resulta uniformemente muy baja.

Es interesante la comparación de que los plásticos puros son capaces de transmitir más calor que la madera pero su coeficiente de transmisión del calor es más bajo que el cristal o algún material cerámico.

Entre los mejores aislantes disponibles en el mercado se encuentran los productos espumados de plásticos. La conductividad térmica (K_0) de estos materiales esté en relación directa con la densidad de los mismos, esto es si las "burbujas o celdas", son abiertas o cerradas y de la cantidad de material sólido que contiene en volumen de espuma.

Esta propiedad se expresa con la unidad:

$$Kc = \text{Kilocaloría} / \text{metro}^2 \times \text{hora} \times ^\circ C$$

$$Kc = K.\text{cal} / m^2 \cdot h \cdot ^\circ C$$

4.3).- Inflamabilidad

En muchas aplicaciones esta propiedad resulta de suma importancia y depende de la forma y constitución química del material. Esto lo podemos comprobar si intentamos prender fuego a dos formas distintas aunque de un mismo plástico, por ejemplo una película y un sólido de celulosa, resultará que comparativamente el primero presenta una mejor disposición a inflamarse.

Podemos ordenar a los plásticos puros por su disposición a inflamarse de la siguiente manera:

Los más inflamables; - Plástico nitrados
(por ej. Celulósicos)

- Plásticos que contienen oxígeno
(por ej. Resinas Acetálicas)
- Plásticos de Hidrocarburos
(por ej. polietileno)
- Plásticos de Poliamidas
(por ej. Nylon)

Los menos inflamables; -Polímeros halogenados
(por ej. Teflón)

Aquí como en otras propiedades se presentan ambos extremos de la misma, pueden ser tremendamente inflamables (hasta explosivos) como la celulosa la cual recordaremos, su desarrollo partió de la investigación de la pólvora. También los hay medianamente inflamables como el polipropileno y finalmente autoextingibles o no flamables.

Para determinar el comportamiento de los materiales Plásticos al fuego se practican diversas pruebas, sólo mencionaremos aquellas que son de interés práctico para el campo del diseño de productos.

1.- Velocidad de Combustión

Una barra de material a probar se sujeta por uno de sus extremos mientras por el otro extremo se le aplica fuego durante un corto periodo de tiempo (1/2 minuto), se retira la flama y se toma nota de la velocidad a la que se consume el material. Recordemos que hay plásticos que simplemente no arderán como es el caso de los vinilos puros. ver figura 42.

2.- Propagación de flama

Esta prueba resulta de sumo interés si es que se trabaja en el diseño de un producto que se ubicará en un espacio cerrado o una habitación tal es el caso de tapices, losetas, plafones, y artículos de decoración o iluminación de otro tipo.

Consiste en un túnel cuyas dimensiones se muestran abajo (figura 43) el cual en un extremo del mismo se colocan quemadores de gas. En el techo del túnel se instala el material a probar y se encienden los quemadores durante un tiempo determinado por la especificidad del ensayo. La propagación de las llamas continúa a manera de que en el otro extremo de el túnel por medios electrónicos se mide el "HUMO PRODUCIDO" además de que se determinan algunas particularidades del mismo.

Agregando a las pruebas que hemos visto existen algunas más de utilidad para relacionar el trabajo de un material plástico con la temperatura en la que este se realiza, con esfuerzo mecánico o sin él;

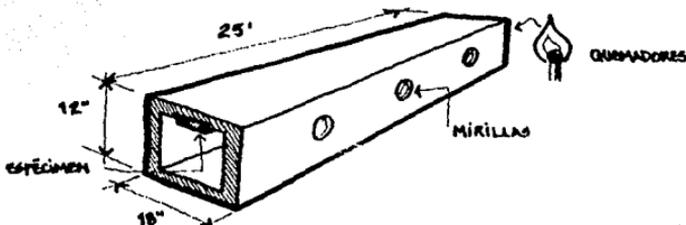


Figura 43. Túnel usado para la prueba de propagación de flama

Temperatura VICAT que es la temperatura de ablandamiento libre de un plástico al que no se somete esfuerzo mecánico al momento de la prueba. Esta consiste en sumergir el material a probar en un recipiente el cual contiene aceite con temperatura controlada, después se coloca un punzón sobre la muestra y paulatinamente se aumenta la temperatura del aceite hasta que el punzón logra penetrar un milímetro, en este punto se determina la temperatura VICAT del material. Ver figura 43 abajo.

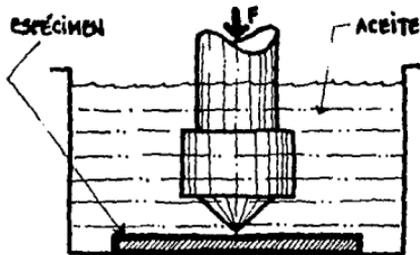


Figura 43. Ensayo "VICAT" para determinar la dureza de un plástico

La temperatura de *Deflexión*, la cual en algunos textos la podremos encontrar con el término de temperatura de "distorsión" las consideramos como la temperatura en la cual un plástico sujeto a un esfuerzo constante comienza su deformación.

La prueba de *Deflexión* se realiza en una cámara con temperatura controlada en la cual se coloca una muestra del material y se le somete a una presión determinada (ver figura 44, abajo), se toma tiempo hasta que la muestra falla totalmente o se fractura, o bien alcanza una deflexión porcentual establecida antes de la prueba.

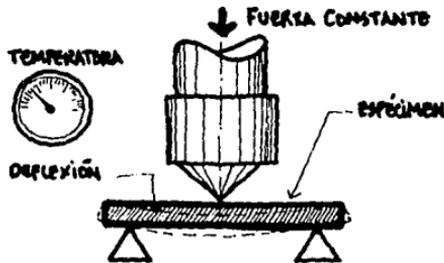


Figura 44. Esquema del ensayo para determinar la temperatura de deflexión de un plástico.

5. Propiedades eléctricas

Desde la óptica del Diseño Industrial hemos seleccionado del espectro de las propiedades eléctricas solamente tres, que resultan de efectos prácticos para el desarrollo del producto.

5.1).- Resistencia Eléctrica

La definiremos como la oposición que un material presente a conducir corriente o flujo eléctrico.

Ampliando este concepto diremos que la resistencia se expresa en Ohms y corresponde a la medida en que un material puede considerarse conductor.

La resistencia de los materiales plásticos resulta ser muy alta por lo cual en la práctica son considerados como aislantes más que conductores. (Y para muchas aplicaciones es mejor el permitir el paso del flujo eléctrico que impedirlo). Podemos reducir la resistencia eléctrica de estos materiales con la adición de conductores como es el caso de los polvos metálicos. De esta manera evitaremos la acumulación de electricidad que se traducen en molestos "toques" en prendas de vestir o vestiduras de automóviles, alfombras y tapicería y haremos más seguras las zonas en donde se manejan gases explosivos o sustancias inflamables.

La tabla de abajo muestra una comparación de la resistencia de otros materiales con relación a los plásticos a conducir la corriente eléctrica.³

MATERIAL CONDUCTIVIDAD

Plata (Tipo comercial)	6.3×10^3
Cobre	5.8×10^3
Aluminio (Tipo comercial)	3.5×10^3
Vidrio común	2×10^{-7}
Mica	10^{-17}
Poliétileno	10^{-19}

5.2).- Factor de disipación

Este factor será de utilidad en la selección de materiales que podremos aplicar como aislantes, sin que por su calentamiento debido a una acumulación de flujo eléctrico, resulte en una falla.

5.3).- Resistencia al arco

Si le llama así al periodo de tiempo cuantificado en segundos durante el que se puede mover un arco eléctrico sobre la superficie de un material sin que este se convierta en un conductor o que ocurra una fractura en el mismo.

La falla también puede presentarse debido al calentamiento o carbonización.

6. Resistencia a agentes químicos.

Los materiales plásticos en términos muy generales son resistentes a una gran variedad de agentes químicos tales como agua, soluciones salinas, ácidos, álcalis, agentes oxidantes y solventes. Pero no podríamos de ninguna manera decir que todos los plásticos resisten a todos esos químicos solamente muy contados polímeros poseen esta capacidad tal es el ejemplo del Tetrafluoroetileno que es mejor conocido por su marca comercial "Teflón" el cual no está aún fuera de discusión su "inmunidad" en especial si hablamos de reactivos muy enérgicos.

La preocupación principal de un diseñador por lo que respecta a los agentes químicos que atacan a un producto plástico, se centra en los solventes. Pretender analizar el ataque de solventes es profundizar en forma particular en la actividad de un solvente específico, es un plástico específico.

Podemos mencionar que para que un ataque ocurra:

a).- El solvente y el polímero deben de tener un valor similar de "solubilidad", estos valores los ofrecen conjuntamente con asesoría los fabricantes de la resina de que se trate. La opinión y experiencia de este es de gran valor en el desarrollo de un producto.

b).- La "disolución" en palabras sencillas es una separación de cadenas en la macromolécula que forma a los plásticos. Para que se de esta disolución, esa necesaria la existencia de una interacción entre el solvente y el polímero, es decir que cada pieza que se separa de la molécula debe de tener un "receptor".

Podemos decir sin entrar en complicados análisis que los polímeros lineales son estructuras más sencillas que presenta mayor susceptibilidad de ser atacados, que otras más complejas como las estructuras entrecruzadas.

7.- Durabilidad

La pregunta ¿Cuanto tiempo puede durar un producto fabricado en plástico? se hace constantemente al diseñador y al fabricante la respuesta, si la hay, es invariablemente vaga y siempre basada en el recurso de comprar con otros productos similares.

Debido a su relativa juventud, la poca información disponible al respecto se encuentra dispersa entre los industriales veteranos, los grandes fabricantes de materia prima y los contados investigadores que se han abocado a este tema. Tocaremos algunos puntos los cuales aplicándolos a problemas de desarrollo de producto particulares tendremos más posibilidades de acertar acerca de la duración de un producto.

a).- El conocimiento de las condiciones ambientales donde se encontrará el producto.

Esto es el conocer con mayor certeza el microclima en que se desenvolverá el material, si este se encontrará en interiores o exteriores lo que representa una gran diferencia. En usos de interiores y bajo condiciones "normales" de temperatura, presión, humedad, e iluminación el daño causado por estos elementos no será catastrófico y la degradación o deterioro será aceptable por lo común.

Se dan otros usos que podrían ser tomadas como aplicaciones de interiores como podría ser la cabina de pasajeros de un auto o dentro del cofre del mismo, que debería tratarse como condiciones extremas con sus consiguientes consideraciones.

Para exteriores o usos a la intemperie la exposición a las condiciones ambientales es mucho más severa y esto no debe nunca de perderse de vista. Hasta hace poco tiempo el material plástico siempre resulta perdedor en comparaciones en otros materiales como los metales o los pétreos, pero ahora gracias a formulaciones adecuadas para los usos exteriores más comunes como recubrimientos y partes para invernaderos y jardines estos han sido aceptados en campos como la arquitectura, la agricultura y otros.

Gran ventaja presentan los materiales plásticos para usos exteriores al no presentar oxidación o al menos ser muy resistentes a ella además de no favorecer usualmente, a el desarrollo de microorganismos como el moho.

La temperatura, humedad y radiación solar extrema pueden causar rápido deterioro en plásticos no preparados para ello, y como ejemplo tenemos a los "linacos" usados en la construcción los cuales de no aplicarse la formulación correcta en su fabricación su vida útil no podrá ser más que corta.

Resumiendo, la degradación o envejecimiento por cuestiones ambientales puede presentarse en una gran variedad de formas y puede también ser grave o no; puede mostrarse como un simple cambio de color, pérdida de brillo, pérdida de transparencia, cambios dimensionales y agrietamiento, lo que en casos extremos conducen a la fractura o desintegración.

b).- Correcta selección de un plástico para una aplicación específica.

Un estudio adecuado de las condiciones ambientales, trabajo mecánico y factibilidad en producción son los ingredientes que sumados a una buena capacitación profesional un amplio criterio y

experiencia, garantizan la adecuada selección de un plástico para un periodo de vida útil previamente estipulado.

c).- Diseño adecuado a las propiedades de los plásticos

Al diseñar un artículo de plástico no se debe perder de vista todas las consideraciones que hemos anotado a lo largo de este capítulo además de aplicar todas las recomendaciones para proyectar moldes y herramienta que darán forma al producto. Para este fin sugerimos una hojeadá rápida a los capítulos XII y XIII del texto, "Diseño detallado" y "Herramientas para moldear Plásticos"

8. Reciclado de materiales plásticos

Los desechos de los materiales plásticos que se generan desde el momento mismo de su fabricación ocasionan graves daños a la ecología de no ser manejados adecuadamente , y aunque no es posible evitar los desperdicios de los mismos existen diversos métodos para su procesado o tratamiento .

Los desperdicios de plásticos los agrupamos en "reciclables" y "no reciclables", entenderemos a los primeros por aquellos materiales que después de su reprocesado son todavía más económicos que la materia prima virgen. Los "no reciclables" son los desperdicios que resultan incosteables en su recuperación comparados con los precios de las resinas originales. A esto habría que agregar que ambos tipos de desechos pueden ser plásticos de una misma especie o bien ser una mezcla de varios.

Así los métodos para el reciclado son los siguientes :

a).- Para materiales constituidos por un solo tipo de plástico

Granulado

Se aplica principalmente en resinas termoplásticas como el polietileno , polipropileno, poliestireno, PVC, poliamida , y ABS.

Consiste en varias etapas que son en términos generales; el triturado de los desperdicios , su limpieza, extrusión y finalmente granulado.

Producto de este proceso son los populares materiales "recuperados" los que han perdido algunas de sus propiedades en menor o mayor grado, para regenerarlos es práctica usual en la industria la de mezclarlos con aditivos o resinas vírgenes lo que depende del uso al que serán destinadas.

Proceso Directo

Consiste en alimentar los desperdicios directamente a un equipo de extrusión lo que evita el trabajo de trituración y limpieza requeridos en el método anterior , de esta manera podemos obtener de la máquina de reciclado no solamente gránulos sino productos terminados o semiterminados como películas, perfiles y tubería entre otros.

Molienda Criogénica

Es un proceso de aún poca difusión en nuestro país . Conocido también como Molienda de Pulverización o Ultrapulverización el proceso se lleva a cabo en temperaturas extremadamente bajas durante la pulverización consiguiendo que los materiales puedan ser granulados con una mínima pérdida de sus propiedades originales , por lo cual este método se aplica a materiales muy sensibles al calor o bien para obtenerlos como un polvo finísimo.

Algunos de los plásticos que se reciclan de esta manera son los Plásticos de Ingeniería , telas plásticas de alto valor , plásticos cromados y circuitos impresos entre otros muchos más.

Resulta importante señalar que este proceso además de reciclar termoplásticos se aplica con éxito en termofijos e inclusive en algunos elastómeros .

Hidrólisis

El reciclado por Hidrólisis es un complejo proceso que se realiza bajo condiciones extremas de temperatura y presión , que permite la reutilización de poliuretanos , poliamidas , políesteres y policarbonatos .

b).- Para materiales constituidos por mezclas de plásticos

Las mezclas plantean mayores problemas para su reciclado que aquellos desechos plásticos de un solo tipo, debido principalmente a las dificultades para ofrecer propiedades uniformes en grandes lotes de producción de "recuperados" y a que algunos plásticos resultan incompatibles en su punto de fusión lo que disminuye sensiblemente el valor del mismo. Por estos inconvenientes los materiales reciclados de mezclas se utilizan en la fabricación de artefactos relativamente sencillos como placas y barras con requerimientos flexibles de calidad.

c).- Tratamiento de Plásticos no reciclables

Como ya mencionamos estos materiales son aquellos que resultan incosteables en su recuperación usualmente debido a su mezcla con otros materiales como metales, textiles y cerámicas, o bien que han llegado al límite de su capacidad de ser reprocesados.

Se han desarrollado varias técnicas para evitar el daño al ambiente por parte de estos materiales que son:

Fabricación de plásticos biodegradables

Consiste en un proceso en el cual paulatinamente van perdiendo sus propiedades hasta desintegrarse.

Existen dos tipos de degradación en materiales formulados con este fin:

Forodegradación. Aquí los rayos del sol rompen la estructura molecular del plástico hasta lograr su total desintegración.

Biodegradación. Consiste en microorganismos que rompen por medio de enzimas la estructura fundamental del material que se trate hasta desaparecerlo.

Pirólisis

Este es un proceso químico que aplica altas temperaturas y presiones con el fin de descomponer los desechos de plásticos en productos petroquímicos más simples. Todo ello a muy alto costo.

Relleno Sanitario

Este debiera ser el último recurso para el tratamiento de desechos plásticos y consiste simplemente en sepultarlos bajo un espeso bloque de tierra.

Aún bajo estas humildes condiciones los plásticos dan muestra de su utilidad ya que como ejemplo en algunos países como Israel y las Naciones Arabes se ha aplicado el relleno sanitario en la preparación de suelos de cultivo donde este funciona como una magnífica barrera para impedir la filtración de humedad y nutrientes hacia el subsuelo.

Citas Bibliográficas

1. Oyarzabal, Félix, Velasco

Lecciones de Física

Ed. CECSA. México 1972

pp. 199

2. Rodríguez Ferdinand

Principios de Sistemas de Polímeros

Ed. El manual Moderno. México 1984

pp. 269

3. La gráfica aparece en:

Flinn R., Trijan P.

Materiales de Ingeniería y sus Aplicaciones

Ed. Mc Graw Hill, México 1984

pp. 451

CAPÍTULO VII

LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA

Introducción

Por Petroquímica debemos de entender la rama de la Industria que elabora los productos derivados de los hidrocarburos resultantes del gas natural y del petróleo.

Normalmente es esta definición no se incluyen los hidrocarburos combustibles y lubricantes, grasas ni asfaltos.

El petróleo como se ha demostrado resulta ser la materia prima ideal para la fabricación de infinidad de productos, esto gracias a dos hechos: Uno, la gran abundancia y disponibilidad de la misma. Dos, el petróleo está compuesto por una enorme variedad del carbón la cual brinda grandes opciones para la generación de nuevos petroquímicos o como en el caso de la acetona por ejemplo, sustituir antiguos procesos. Así la importancia de la Industria petroquímica se basa en su capacidad para producir volúmenes muy grandes partiendo de materias primas hasta ahora abundantes, disponibles y de bajo precio en comparación con otras.

La gran cantidad de estructuras basadas en el carbón y que están presentes en la Petroquímica, base de la Industria de los Plásticos obliga a clasificar a los hidrocarburos del petróleo para su manejo en tres grandes series:

La primera de los *Hidrocarburos Parafínicos o Acélicos Saturados*, que deben su nombre a su poca disposición de reaccionar con otros compuestos. Su fórmula general se expresa $C_n H_{2n+2}$. El metano, el Etano y el Butano son hidrocarburos de esta serie.

La segunda serie abarca a los *Cíclicos Saturados* también llamados *Nafténicos* con fórmula general $C_n H_{2n}$ como el ciclohexano.

La tercera serie se le conoce como la de los *Hidrocarburos Aromáticos* y es el famoso compuesto que tiene seis átomos de carbono unidos por enlaces dobles alternados en un anillo. Su fórmula general es $C_n H_{2n-6}$ tal como se ilustra abajo.

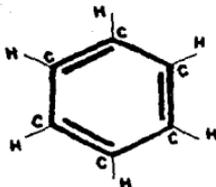


Figura 45. El anillo de Benceno, base de los Hidrocarburos Aromáticos

También están presentes otros hidrocarburos aunque en mucho menor cantidad como los "etilénicos u olefinas" con fórmula general $C_n H_{2n}$ los "acetilénicos" y las "diolefinicos". Además de otros hidrocarburos parecidos a las series arriba desarrolladas.

El petróleo crudo contiene muy pocos hidrocarburos de benceno ligeros como el "Benceno" (figura 45), los "Xilenos" y el "Tolueno". También es muy pobre en OLEFINAS y diolefinas como el "ETILENO, PROPILENO, BUTENOS, BUTADIENOS, ISOPRENOS". Todos ellos muy importantes para la obtención de innumerables productos petroquímicos entre los cuales encontramos a los plásticos.

Para obtener estos importantes hidrocarburos es necesario aplicarles procesos especializados o bien a través de la fabricación de productos como las gasolinas.

1).- Materias Primas para la Petroquímica

La Industria Petroquímica usa principalmente los siguientes hidrocarburos como materia prima:

OLEFINAS	ETILENO PROPILENO BUTILENO PENTENO
AROMATICOS	BENCENO XILENO TOLUENO
METANO	METANOL AMONIACO

Sin embargo la mayor cantidad de las gasolinas se destinan a ser usados como carburantes y no como materia para las Plantas Petroquímicas. Así científicos e ingenieros han desarrollado mecanismos específicos para obtener esos hidrocarburos sin necesidad de primero procesar el petróleo crudo en gasolinas, esto en tres etapas que son:

1).- Modificar los hidrocarburos vírgenes en productos con mayor reactividad química; El ETANO convertirlo en ETILENO, PROPANO EN PROPILENO, BUTANOS en BUTILENOS, PENTANOS Y HEXANOS en BUTADINEOS e ISOPRENOS.
De la misma manera convertir los AROMATICOS.

2).- Obtener productos intermedios de segunda generación agregando a las olefinas y aromáticos de la primera etapa (arriba) átomos como oxígeno, cloro, nitrógeno. Resultado de esta etapa son "productos terminados" como solventes, aditivos para gasolina y ácido acético.

3).- Esta tercera etapa comprende los métodos de producción específico para cada petroquímico y se denominan "operaciones finales". De aquí obtendremos ya, la materia prima que se transformará en plásticos.

Ahora profundizaremos en cada una de estas etapas a manera de explicar más extensamente los pasos que nos llevarán a través de la Industria Petroquímica a la obtención de Polímeros.

1.1).- 1a Etapa. Generación de Hidrocarburos Básicos

La etapa describe la manera en que se transforman los hidrocarburos sin modificar y que están contenidos en el petróleo crudo, en productos con capacidad reactiva mayor como las olefinas, aromáticos ligeros, hidrógeno y monóxido de carbono.

1.2).- 2a Etapa. Productos Intermedios

En esta etapa de la Petroquímica se analizarán las operaciones que modifican quitando o agregando átomos, a las moléculas de olefinas y de aromáticos ligeros los cuales son producto de la primera etapa. Los procesos que aquí se revisarán sólo se enfocan en los productos que llegado el momento se convertirán en plásticos.

Los Hidrocarburos que tocaremos serán:

- 1.2.1 METANO
- 1.2.2 ETILENO
- 1.2.3 PROPILENO
- 1.2.4 BUTILENO
- 1.2.5 BENCENO
- 1.2.6 TOLUENO

En ese orden los revisaremos:

1.2.1 Productos derivados del Metano.

El metano (CH_4) gas incoloro e inodoro es el hidrocarburo que contiene más átomos de hidrógeno por átomo de carbono y del cual obtendremos una gran cantidad de productos, gracias en parte a ésta propiedad por ejemplo se obtienen el amoníaco y el monóxido de carbono, que posteriormente lo convertiremos en acrílico.

La gráfica que abajo se muestra explica la forma en que productos intermedios del Metano resultan después de ser modificados (sustituyendo, quitando, agregando átomos y polimerizado) en materias primas muy diversas y de gran utilidad. Estos productos intermedios son: Monóxido de Carbono, Tetracloruro de Carbono, Cloroformo, Acetileno y Bióxido de Carbono.

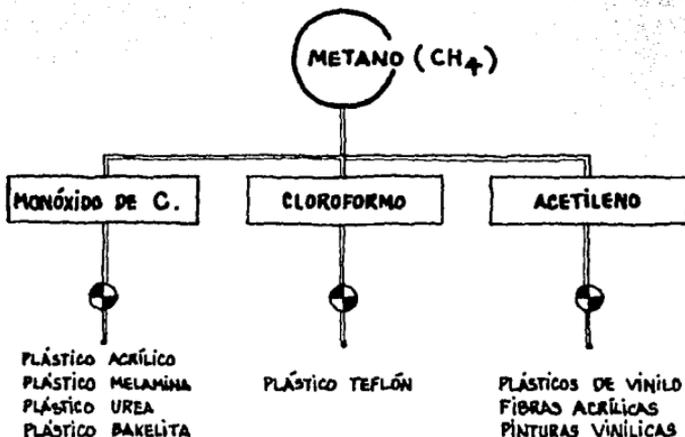


Figura 46. Productos derivados del metano

1.2.2 Productos derivados del Etileno

El gas etileno con su molécula de dos átomos de carbono cuatro hidrógenos y doble enlace emerge, por la cantidad de productos que de él se obtienen, en el principal de los hidrocarburos básicos.

La doble ligadura olefínica que presenta, es la llave para modificar la molécula original ($CH_2 = CH_2$) y de esta manera introducir otros átomos en ella como el oxígeno para generar óxido de etileno, producir dicloroetano al agregarle al etileno átomos de cloro, etcétera.

De igual manera nos ofrece la facilidad de unirse a otros hidrocarburos como lo es el Benceno para dar Etil-Benceno y muchos productos más útiles en la fabricación de polímeros de etileno y copolímeros.

Los principales derivados del etileno son:

Polietileno

Usando el gas etileno como materia prima, el polietileno resulta de la polimerización del mismo. El grado de "empaquetamiento" de las moléculas tiene relación directa con la densidad del producto, lo que determinaremos con las condiciones de presión y temperatura a las que realizaremos su proceso de obtención.

Óxido de Etileno

Este importante derivado del Etileno se obtiene al hacer gas etileno y oxígeno con un catalizador de plata.

Acetaldehído

Este producto se obtiene al hacer reaccionar gas etileno en una solución diluida de ácido clorhídrico y catalizadores es decir estamos oxidando el etileno. El acetaldehído es importante materia prima para la fabricación de:

Etil-Benceno

Este es en otras palabras una adición del Benceno al Etileno. El producto se usa casi en su totalidad para fabricar el estireno que polimerizado nos proporciona el plástico Poliestireno.

El etil-benceno se obtiene al hacer reaccionar benceno y etileno en presencia catalizadores o bien de otra manera que es, retirar aromáticos de las instalaciones de las refinerías y que es la forma menos usual.

Dicloro-Etano

El proceso consiste en agregar moléculas de cloro al etileno, lo cual se logra al hacer reaccionar etileno y cloro en presencia de ciertos catalizadores bajo estricto control en las condiciones de temperatura y presión.

El producto principal de esta reacción es el dicloroetano y cuya principal aplicación se da en fabricar Cloruro de Vinilo material que posteriormente lo conocemos en las mil y una aplicaciones del grupo Vinilo.

El dicloro-etano presenta, para nosotros, otros usos de menor importancia y en menor cantidad como el percloroetileno aplicado en tinajas de cromado además de otro humilde fin; como desmanchador de tintorería.

Propionaldehído

El propionaldehído se obtiene por medio de la reacción del gas etileno con gas de síntesis (monóxido de carbono e hidrógeno) esto resulta en la obtención de aldehídos con un átomo más de carbono que el etileno original.

De este proceso obtenemos dos productos principales que son el n-propanol muy utilizado para la elaboración de solventes y herbicidas, y el ácido propiónico que además de usos menores se aplica en la elaboración de los plásticos de Celulosa.

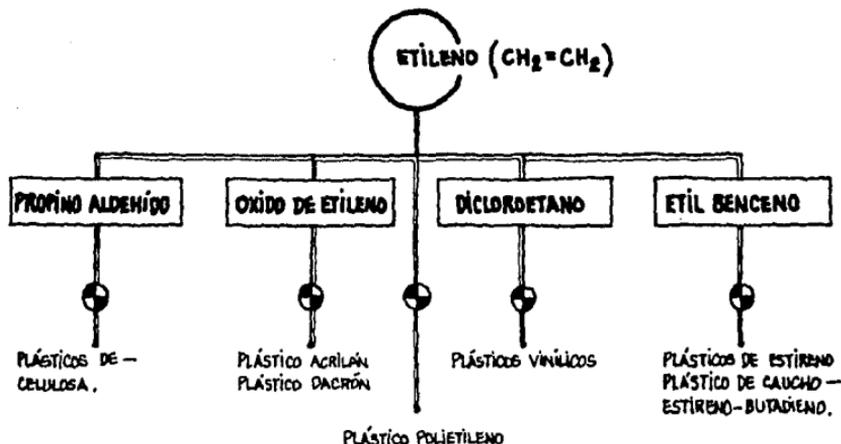


Figura 47. Productos derivados del etileno

1.2.3 Productos derivados de Propileno

Este importantísimo hidrocarburo parece ser que llegó retrasado a el auge de los materiales plásticos. Si esto es así, no ha sido por falta de méritos sino porqué su disponibilidad siempre la han acaparado la fabricación de gasolinas y otros combustibles.

Aquí nos ocupa el manejo petroquímico del propileno del cual gracias a su alta reactividad (inclusive mayor a la de el etileno) nos permite adicionar una gran cantidad de átomos como el oxígeno, moléculas como la del agua y de otros hidrocarburos.

Los primeros productos o derivados del propileno serán los que obtenemos al polimerizar al hidrocarburo en una forma relativamente directa convirtiéndolo en nuestros conocidos plásticos de Polipropileno.

El principal derivado petroquímico de el propileno es el óxido de propileno que por sí sólo tiene gran aplicación como fumigante, aunque la importancia de este producto se acrecenta en productos derivados del mismo.

Poliéster

Forman la materia prima para la fabricación de los Plásticos de poliuretanos ya sean flexibles o rígidos.

Propilen Glicol

Aunque de muy variadas aplicaciones su principal uso se da en la producción de Resina Poliéster base fundamental de los "Plásticos Reforzados". Además si bien en menor medida el propilen glicol es parte indispensable en la fabricación de "Celofán" que también es producido vía la madera, el cual es su proceso original de obtención.

Acrinolitrino

Resulta de la oxidación del Propileno en presencia de amoníaco. Este producto es de gran importancia para los fabricantes de plásticos para aplicaciones de ingeniería ya que estos productos

forman partes significativas de "copolímeros" tales como el ABS y SAN (Acrilolitrino Butadieno Estireno y Estireno Acrilonitrilo, respectivamente).

Además de los derivados de Propileno que ya hemos mencionado hay una gran variedad más que si bien no participan en la elaboración de plásticos son importantes dentro de la gama de productos de la petroquímica, entre ellos encontramos.

Dipropilén glicol y Tripropilén glicol. Se usan principalmente para fabricar lubricantes y solventes de pinturas.

Acetona

Derivada del Isopropanol además de usarse como disolvente de barniz para uñas, en menor medida se aplica en la fabricación de adhesivos y limpiadores industriales.

Cumeno

Parte importante en la fabricación del fenol, mismo que al polimerizar con aldehídos genera plásticos de Bakelita.

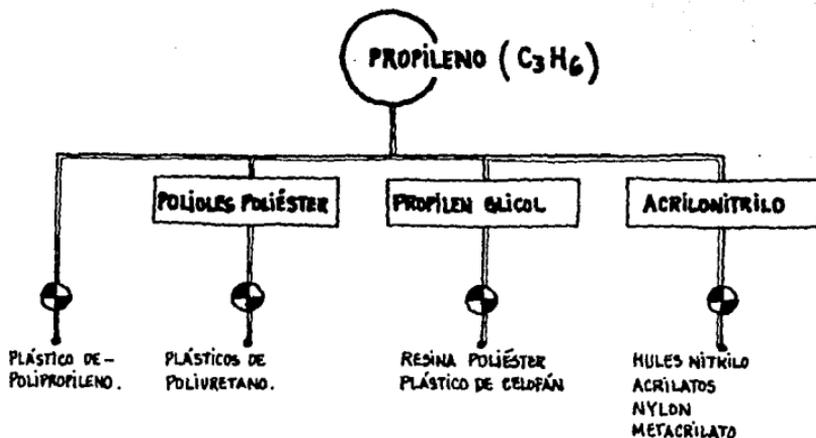


Figura 48. Productos derivados del butileno

1.2.4).- Productos derivados del Butileno

Entre los productos derivados del beneficio del gas Butileno (C_4H_8) se encuentran dos de importancia en la fabricación de plásticos, los N-Butenos llamados 1-Buteno y 2-Buteno.

De la polimerización del 1-Buteno obtenemos el "polibuteno", plástico que supera a las características del Polietileno y el Polipropileno. Este material debido a las bajas cuotas de producción disponibles resulta comparativamente más caro por lo cual su desarrollo ha sido muy limitado.

El 1-Buteno también se emplea en la generación de Polietileno de baja densidad lineal en copolimerización de gas etileno. El producto lo encontramos en forma de bolsas las cuales nos ofrecen en los supermercados.

El Ortóxileno y el Paraxileno son derivados también del 1-Buteno. En lo particular el Paraxileno resulta de interés para la rama de los plásticos ya que es la materia prima del Acido Tereftalático que se usa ampliamente para fabricar fibras sintéticas y Policilientereftalato. (PET), plástico de moda para el envase de alimentos y bebidas principalmente gaseosas.

La oxidación de los N-Butenos nos ofrece una gran cantidad de productos entre ellos el Butileno Glicol que se usa en la fabricación de "Plastificantes" (ver capítulo IX, apartado 2.13).

Para la Industria de los plásticos resulta de interés un derivado de la modificación del gas Butileno, nos referimos al "Butadieno" el cual participa en el sector tanto como materia prima para la elaboración de productos, como en la formulación de otros plásticos a los cuales le imparte flexibilidad.

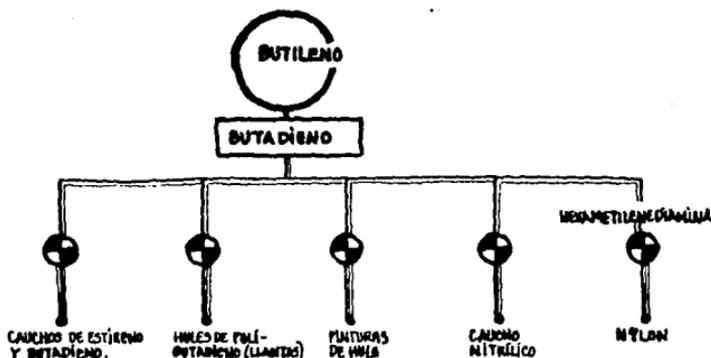


Figura 47. Productos derivados del Butileno a través de Butadieno

Gran parte de la producción del Butadieno, aproximadamente un 75%, se destina a la fabricación productos de rodado, principalmente llantas para todos usos y en diferentes formulaciones.

Otro hule con muchas aplicaciones en la Industria, en especial como empaques para refrigeración y motores es el "Cloropreno" que resulta de la polimeración en presencia de cloro, del dicloro y 1-Buteno. Estos materiales se distinguen por su resistencia química.

1.2.5).- Productos derivados del Benceno

Parte importantísima de la Industria Petroquímica, el Benceno, muestra características que lo diferencian radicalmente de otros Hidrocarburos; una que es un líquido no un gas (como el etileno y el propileno), y tal vez lo más relevante; su estructura esta basada en una anillo hexagonal no en una cadena. Gracias a su gran capacidad de reacción que éste muestra al modificarlo a través de calor, presión y catalizadores obtendremos de este hidrocarburo una verdadera ola de productos que van desde medicamentos y detergentes hasta plásticos de Ingeniería.

Existen varios caminos petroquímicos para la obtención del Benceno que en palabras sencillas son las que siguen:

- a).- Como resultado a las modificaciones químicas a la Nafta
- b).- De la modificación de la Gasolina.

c).- Como producto del beneficio del etileno

d).- De modificaciones químicas del Tolueno que como hemos visto es un derivado de las Refinerías.

Los principales productos del beneficio del Benceno son;

Alquilación del Benceno

Resulta de la reacción del Benceno con alguna olefina tal es el caso del Etil Benceno, que se obtiene al promover la reacción del Benceno con el gas etileno. Este producto se destina principalmente a la fabricación de estireno que después de polimerizar lo conoceremos como Plástico Poliestireno.

Si en vez de realizar el proceso de alquilación del Benceno con etileno lo hacemos con gas Propileno, el resultado será el "CUMENO" que es materia prima para la fabricación de el "Fenol", este último necesario para obtener plásticos de Bakelita (Fenol-Formaldehído) y resinas epóxicas.

Nitrobenceno

El Nitrobenceno resulta de la reacción del Benceno con ácido sulfúrico y ácido nítrico. El principal uso de este compuesto es la fabricación de anilinas aunque su presencia no se limita al campo textil ya que se requieren en la fabricación de Isocianatos y Diisocianatos ambos necesarios para la producción de Plásticos de Poliuretano. También participan como materiales auxiliares en la Industria Hulera y Farmacéutica.

Ciclohexano

Modificando la cantidad de hidrógenos presentes en el Benceno obtendremos el ciclohexano cuya producción se destina casi totalmente para la generación de Nylon.

Otro derivado del Benceno es el "Anhidrido Maleico" que participa en la producción de Resina de Poliéster.

El Benceno ofrece una gran cantidad de derivados que no participan en el campo de los Materiales Plásticos pero su importancia es patente en otras áreas. Entre ellas encontraremos al Dodecil Benceno con el cual se fabrican detergentes, o el clorobenceno con aportaciones de peso en la obtención de insecticidas como el D.D.T y herbicidas.

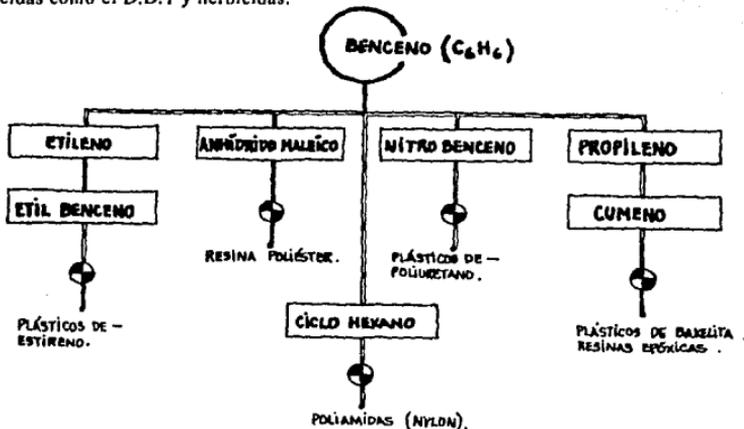


Figura 50. Productos derivados del benceno

1.2.6 Productos derivados del Tolueno

Este producto de Refinería forma el grupo de los Hidrocarburos aromáticos junto con el Benceno y el Xileno. Sus derivados no se aplican en la fabricación de Plásticos ya que sus usos se dan en otros campos como la de los medicamentos, los cosméticos, conservadores para alimentos y explosivos.

1.2.7 Productos derivados del Xileno

De este derivan el ácido tereftalático (TPA) así como también el dimetil tereftalato (DMT). Ambos se aplican exitosamente en la Industria Textil como recubrimientos.

El uso de estas sustancias también se da en dos plásticos que prometen mucho en cuanto a sus aplicaciones a futuro; el PBT o Polibutilen Tereftalato muy usado en partes para electrodomésticos y máquinas diversas. Otro campo donde se aplican estos compuestos es en la fabricación de Resinas Poliéster Insaturadas.

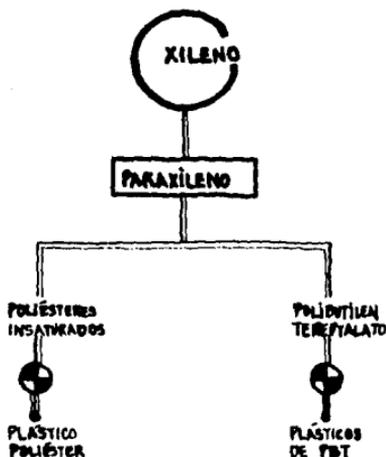


Figura 48. Productos de Xileno a través de Paraxileno.

Citas Bibliográficas

1. La tabla completa aparece en:
Chow Pangtay Susana
Petroquímica y Sociedad
Colección: La Ciencia desde México
FCE, SEP, CONACYT. México 1987
pp. 63

CAPÍTULO VIII

LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA MEXICANA

Introducción

La Industria Petroquímica del país en pocos años (treinta aproximadamente) ha adquirido enorme importancia para la Nación en su conjunto, las razones de esto son varias entre las más importantes debemos anotar su creciente participación en el Producto Interno Bruto, su notable expansión, alto grado de integración a la Industria Nacional y lo más importante; de cada producto petroquímico intermedio se desencadenan una cascada de productos de "uso final".

Así, no es difícil darse cuenta del papel que desempeña la Petroquímica en prácticamente todas las Industrias del país ya sea proporcionando materia prima y materiales, indirectos o sencillamente como combustibles. De esta manera parafraseando a la publicidad relativa al tema "La Petroquímica esta en prácticamente todo lo que nos rodea" y para ilustrar el hecho diversos autores invitan a los lectores a desprenderse de todo artículo en que haya participado la Petroquímica, sugieren hacer este experimento en la privacidad de sus alcobas y con el estómago bien lleno, ya que al final se encontrará desnudo, sin alimentos e incomunicado. Además si por atender el reto se buscara un resfrío habría que tratarlo con infusiones de yerbas calentadas con carbón natural, esto si hubiese aprendido a hacer fuego con otros elementos que no fueran cerillos como los que conocemos ¿Porque este último esfuerzo? porque sólo dispondra de algunos medicamentos primitivos.

Desde esta óptica, el viscoso líquido que denominamos petróleo es —a través de la Industria Petroquímica— en verdad "oro negro".

La tremenda riqueza que se nos presenta también genera grandes inquietudes de las que con seguridad todos participamos. La doctora Chow Pangtay del Instituto Mexicano del Petróleo invita a su reflexión..." ¿Que pensarían si se le propusiera talar todos los bosques del mundo, para transformar sólo el 7% de la madera para muebles y papel, y el resto convertirlo en leña y carbón? ¿Puedes exactamente lo que se esta haciendo actualmente con el petróleo y el gas natural?

La decisión esta en manos de la humanidad y el reto para la tecnología, ¿Seguiremos quemando la mayor parte del petróleo producido, para generar al energía en todos los campos? o ¿lo utilizaremos para fabricar materias también requeridas en otras áreas?

Pregunta obligada que sigue a lo expuesto y que seguramente se encuentren en la mente del lector... ¿Cómo es la Petroquímica Mexicana, que productos genera relacionados con la Industria de los Plásticos?. A ello daremos respuesta.

1. Organización de la Industria

En forma oficial la Industria Petroquímica Mexicana nace el 13 de enero de 1960 cuando el entonces presidente Adolfo López Mateos decreta que se reserva a la Nación a través de PEMEX la producción de 16 productos básicos de la Petroquímica, aunque no fue sino hasta los años setentas cuando la Industria inicia un crecimiento significativo.

Así, el funcionamiento de la Industria de los Petroquímicos esta directamente regulada por nuestra Constitución en la "Ley reglamentaria del artículo 27 Constitucional en Materia Petroquímica" misma que divide a la Industria en dos Sectores:

1.1.- Sector Básico

Si desarrollo corresponde únicamente a PEMEX y comprende a aquellos productos susceptibles de ser utilizados como materias primas industriales básicas que sean resultado de los procesos fundados en la primera transformación química importante que se efectúa a partir de productos o subordinación de la refinación de hidrocarburos naturales del petróleo.

Principalmente estos productos son gases, gasolinas y combustibles, así como residuos con variadas características.

1.2.- Sector Secundario

Este sector comprende aquellos productos que sean resultado de procesos ulteriores a los que realiza el sector básico. En estas actividades pueden Participar Industrias Estatales o Particulares con capitales en su mayoría mexicano y que cuenten con un permiso otorgado por la Comisión Petroquímica Mexicana.

Para efectos de organización de la Industria Petroquímica, los sectores a su vez se dividen en dos grupos: Productos de uso final y Productos Intermedios. Los de uso final son los que ya no sufren transformación de ningún tipo y se consumen en otras industrias mientras los productos intermedios son los que sirven como materia prima para la fabricación de los de uso final o bien otros productos intermedios.

A manera de ejemplo se muestra el proceso de obtención de un plástico (en este caso el PVC), a través de la organización Petroquímica Mexicana.

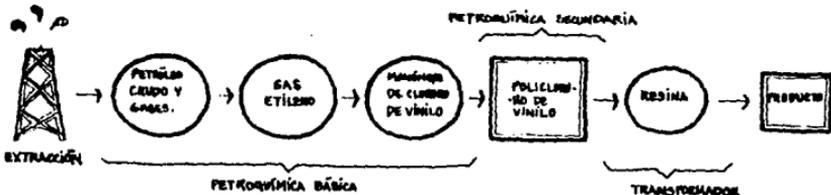


Figura 52. Esquema de la obtención del PVC referido a la Organización Petroquímica Mexicana.

2. Producción Nacional de Petroquímica

Petróleos Mexicanos hasta fechas recientes controló en su totalidad la fabricación de Petroquímicos básicos y prácticamente todos los secundarios. Esto a todas luces resulta crítico para la Industria de los Plásticos, debido a que PEMEX se ha caracterizado por dirigir su producción principalmente a satisfacer las necesidades de combustibles y fertilizantes que emplea el país. De esta manera la producción de Petroquímicos involucrados en la industria de los Plásticos resulta insuficiente para satisfacer la demanda.

Ante esta situación Petróleos Mexicanos implementó dos acciones de suma importancia para la Industria:

a).- Aumentar la capacidad de sus plantas haciéndolas más eficientes. Así como construir nuevas instalaciones para este fin.

Actualmente (1991) PEMEX sólo produce etileno para la obtención de Polietileno de alta y baja densidad, estireno para poliestireno, cloruro de vinilo para PVC, propileno que se usa en la fabricación de gasolinas y no de propileno.

b).- En el mes de febrero de 1989 se aprobó la participación de capitales privados en la producción de Petroquímicos Secundarios, antes reservados únicamente para fabricarse en empresas del Estado.

Este importante hecho crea una mayor competencia entre los fabricantes de materia prima los que ofrecerán mejores precios y mayor disponibilidad en tipos y cantidades de materiales para la Industria de los Plásticos.

3. Clasificación de los Plásticos por su consumo.

Los materiales en la Industria que nos ocupa, se clasifican de acuerdo a los consumos que presentan:

Plásticos por su Consumo.	Plásticos de alto consumo o <i>comodities</i>
	Plásticos de consumo medio o <i>versátiles</i>
	Plásticos de bajo consumo o <i>Especialidades</i>

3.1.- Plásticos de alto Consumo o "Comodities"

Son materiales que participan en Mercados muy competidos como son las películas, bolsas, envases y embalajes de todo tipo.

Las Industrias que transforman estos plásticos manejan por lo general márgenes de utilidad muy reducidos y la productividad es piedra angular para el éxito de las mismas.

El Mercado de los plásticos comodities se repartió de la siguiente manera:²

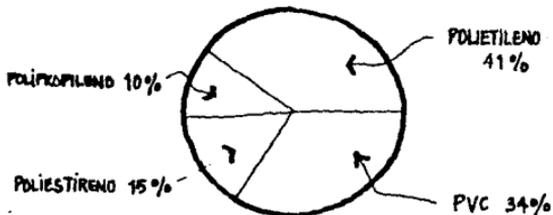


Figura 53. Segmentación del Mercado de Plásticos comodities en México para el año de 1988.

3.2.- Plásticos de Consumo Medio

Son plásticos menos usuales que los de Gran Consumo (comodities) y representan la mejor oportunidad para el Diseño Industrial ya que las Industrias Transformadoras poseen por lo general Tecnologías de Producción de complejidad media (lo que las hace más flexibles en su aplicación), a la vez en ellas la búsqueda de nuevas formas y usos para sus productos es constante.

Su mercado se dividió así:

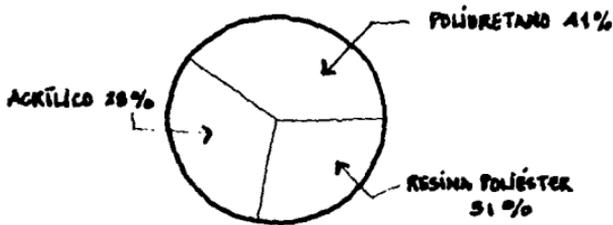


Figura 54. Segmentación del Mercado de los Plásticos de Consumo Medio o "Versátiles", para 1988.

3.3).- Plásticos de Bajo Consumo o "Especialidades".

Son también denominados como "Plásticos de Ingeniería" y son usualmente destinados a funcionar ya moldeados, como elementos de mecanismos o bien componentes de otros productos con requerimientos de uso muy específicos.

Aplicaciones típicas de estos materiales son engranes, flechas, carcazas, partes de motor y carrocerías de autos entre otros muchos más.

Las empresas transformadoras de estos plásticos manejan tecnología más refinada que aquella usada en los otros apartados y requieren de asistencia técnica constante por parte de los fabricantes de materia prima y maquinaria.

Sus volúmenes de fabricación son pequeños normalmente y sus productos de precio elevados.

Los materiales y porcentajes en que se divide el mercado son?:

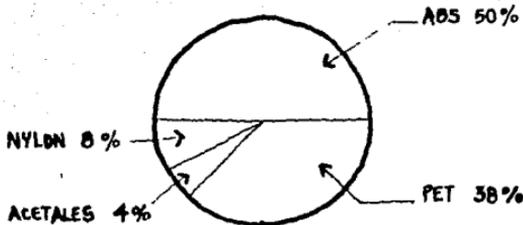


Figura 55. Segmentación del Mercado de los Plásticos de Bajo Consumo para 1988.

4.- Consumo Mundial de los Plásticos

Al observar las cifras que indican los consumos de Plásticos en diferentes partes del mundo, notamos que en los países desarrollados como Alemania Federal cada habitante le correspondió un consumo aproximado de 112 Kg para 1987, Mientras que para México y Brasil fué de 12 y 11 Kg respectivamente para el año señalado. Esto sitúa a nuestro país en el número 30 entre los consumidores de resinas sintéticas muy por abajo de países como Alemania, Estados Unidos (92Kg) y Japón (70Kg).

Instituciones Especializadas como la Asociación de la Industria Química (ANIQ) y el Instituto Mexicano del Plástico Industrial estiman que para el año de 1988 el consumo mundial de resinas en

68 millones de toneladas de las cuales tres cuartas partes corresponden a plásticos como el Polietileno, PVC, Poliestireno y Polipropileno todos ellos "comodities". El consumo de Plásticos en el mundo se repartió de la siguiente manera:³

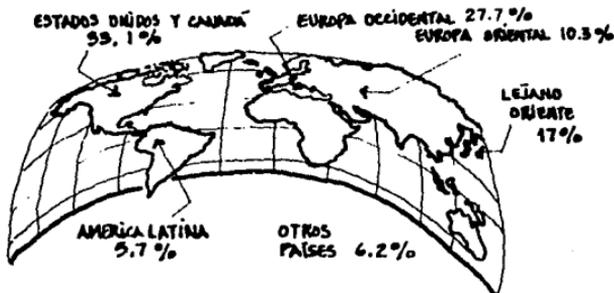


Figura 56. Consumo porcentual de Plásticos en el mundo 1988

5. Consumo de los Plásticos en México

Como se muestra en la gráfica (abajo) el polietileno de Baja Densidad ocupa el número uno en cuanto a participación en el consumo seguido por otros plásticos de "alto consumo" como son polietileno de alta densidad, PVC, Poliestireno y Polipropileno.⁴

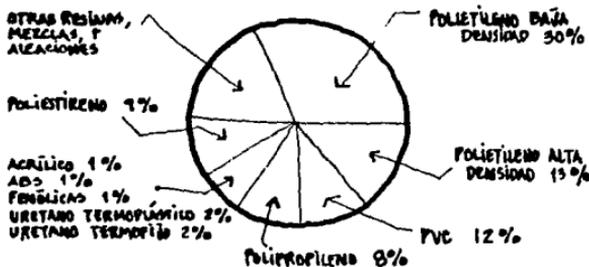


Figura 57. Segmentación de los Plásticos en México para el año de 1988

Toda esta información nos lleva a determinar que el consumo de sintéticos en nuestro país está orientado hacia la transformación de plásticos de gran consumo con una participación cercana al 74%, situación que se espera no será modificada a corto ni mediano plazo ya que PEMEX como principal proveedor de materia prima para la Industria, ha mostrado su intención de continuar con la construcción de plantas productoras de monómeros y resinas como polietilenos y polipropileno principalmente.

6. Aplicaciones de los Plásticos en México

La gráfica muestra (figura 58) que el destino de los plásticos en México se concentra en pocas aplicaciones.

Señala la misma gráfica que la fabricación de empaques ocupa el primer lugar con casi la mitad del consumo, porción del cual una gran parte (aproximadamente un 70%) se convierte en película para la fabricación de bolsas de corta vida útil. Le siguen en tamaño los denominados "usos domésticos" que comprende un universo de productos cotidianos como vasos, platos, juguetes, lámparas, etc.

Un sector que aumenta constantemente su participación en el consumo de plásticos es el de la construcción donde nuevas aplicaciones se suman a las ya convencionales como tubería, partes de plomería, domos y aislantes.

Sigue un grupo de materiales denominados de "aplicaciones diversas" que son productos de difícil aplicación en un rubro específico como pudieran ser los adhesivos, las pinturas y recubrimientos así como los de usos médicos entre otros.

Las aplicaciones en electrónica, fabricación de mobiliario y partes automotrices participan con porcentajes pequeños en el consumo; de este última se espera un ascenso en su consumo a tenor con el crecimiento a últimos años de la Industria Automotriz.

El sector Agrícola que de momento sólo participa con el 1% del total plantea grandes expectativas, esto por la difusión de usos para cultivo intensivo como son invernaderos, acolchados, manejo de aguas pluviales y de riego, además de nuevas formas para el manejo de productos del campo como cajas, costales y redes.

En cuanto a los usos de los plásticos por su tipo encontramos el promedio de plásticos de gran consumo, lo que nos dibuja una producción poco tecnificada y como lo vimos, concentrada en unos cuantos campos mismos que estarán sumamente competidos en un futuro próximo ante la inminente apertura de fronteras. Por lo cual la aplicación de materiales diferentes (o los mismos pero reformulados) en nuevos usos podrá en muchos casos marcar la diferencia entre la supervivencia o desaparición de Industrias del Plástico.

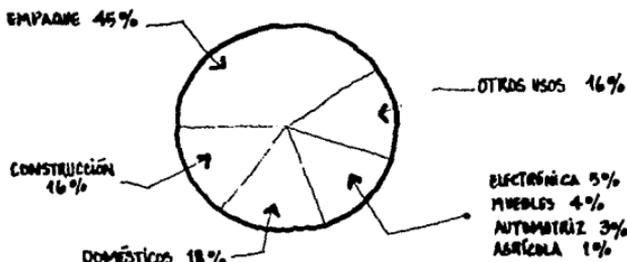


Figura 58. Distribución de los plásticos en México por sus aplicaciones

Corresponde a los involucrados en el desarrollo de productos fabricados en plástico (Industriales, Ingenieros, diseñadores) aportar su creatividad y conocimientos para aplicar de la mejor manera los materiales de que actualmente disponemos, proponer y desarrollar nuevos usos para los mismos todo en dirección de fortalecer la Industria Nacional del Plástico.

Para concluir, la Industria Nacional productora de Resinas es una muy joven como lo es en términos generales la Industria Transformadora de plásticos, ambas con no más de cuarenta años de existir y con un halagador futuro de mantener su paso actual. Para cumplir con sus expectativas, al Industria Petroquímica deberá presentar un apoyo real aumentando sus cuotas de Producción y diversificando las mismas hacia nuevos productos, lo que evitara la importación de resinas que podrían fabricarse

aquí, esto permitiría canalizar divisas a proyectos que mejoren la calidad y la cantidad de los productos petroquímicos que el país produce.

Citas Bibliográficas

1. Chow Pangtay Susana

Petroquímica y Sociedad

Colección de la Ciencia desde México No. 69

PCE, SEP, CONACYT. México 1987

2. Las gráficas que aquí aparecen se realizaron en base a:

Instituto Mexicano del Plástico Industrial (IMPI)

Anuario Estadístico del Plástico

IMPI. México 1989

pp. 46

3. IMPI

op. cit.

pp 49.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

CAPÍTULO IX

ANÁLISIS POR TIPO DE RESINA

Introducción.

Al iniciar la lectura de este capítulo el lector tal vez se sienta extrañado ya que en él no encontrará las explicaciones usuales acerca de un tipo de plástico, esto es fórmulas, tablas, conceptos técnicos elaborados y nombres extraños para los ojos no enterados. Creemos que hay una respetabilísima cantidad y calidad de ellos en los libros técnicos y que se encuentran disponibles para una mano interesada. Nuestra intención aquí es, la de sin perder la seriedad que el tema merece mostrar de la manera más simple las posibilidades de cada variedad de plástico a la vez y que al enfrentarlas con los requerimientos de un producto capacitan al diseñador en el manejo de un pequeño grupo de materiales (que denominamos "candidatos"), los cuales serán valorados con base en información especializada para la cual sugerimos algunos títulos los cuales se presentan en la bibliografía al final del texto.

Los más de veinte materiales que aquí se revisan representan aquellos de importancia significativa en el desarrollo de productos y ofrecen un panorama sumamente amplio pero útil de cada resina y sus aplicaciones comunes. Los puntos tratados en cada material se han estructurado de manera que leyendo los tres primeros, se pueda establecer su aceptación o rechazo como material "candidato" para la aplicación en la que se trabaja. Los siguientes y finales puntos profundizan en la información sobre la resina en cuestión;

1.- Aplicaciones

Se describe en forma general los usos más descriptivos de la resina. El orden en que aparecen no implica su orden de importancia.

2.- Abreviatura

Se muestra además de la abreviatura (dado el caso) el nombre con el que es normal encontrarlos en la literatura especializada.

3.- Generalidades

Entendemos por "Generalidades" las características "llave" de un material y que lo califican o no para una aplicación definida, para lo cual expondremos:

- "Razones importantes para su uso" (Ventajas clave de la resina) y,
- "Notables limitaciones" (Desventajas importantes)

4.- Propiedades

Lo que aquí se describe corresponde - salvo que se indique lo contrario- a las Resinas Típicas de cada material ya que las características pueden variar por cada tipo o marca disponible en el mercado. Las propiedades que en cada análisis se anotan son:

- Mecánicas
- Químicas
- Térmicas
- Estabilidad Dimensional
- Eléctricas
- Flamabilidad
- Intemperismo
- Coloración

Para un mejor aprovechamiento de este punto recomendamos un rápido repaso al capítulo VI, "Propiedades de los Plásticos".

También en algunos casos se describen los "Grados Especiales" de la resina los cuales son preparados para usos específicos.

5.- Procesos de Transformación

Se exponen algunas consideraciones acerca de las formas apropiadas para la transformación de la resina en un objeto. Estas explicaciones se complementan con la lectura del capítulo X "Procesos de Transformación"

6.- Producción y Consumo

Establece en porcentajes las aplicaciones que se le dan a la resina en la Industria, lo que ilustra acerca de la importancia de cada uso en años recientes.

Para finalizar el capítulo, se describen los aditivos más importantes aplicados a la preparación o "formulación de los plásticos disponibles en el mercado. Siguen en orden alfabético las "Mezclas y Aleaciones" hoy día poco conocidas en la Industria Nacional pero las que se esperan grandes cosas en el futuro próximo.

1.- ABS

1.- Aplicaciones

La utilización de este plástico se da en un sinnúmero de campos pero en fechas recientes ha mostrado un rápido crecimiento en la Industria fabricante de máquinas de oficina donde se elaboran especialmente carcazas para máquinas de escribir, sistemas de cómputo, teléfonos, conmutadores y otros relacionados a esta área.

Frecuentemente lo encontraremos en aparatos electrodomésticos principalmente en carcazas y contenedores de refrigeradores, licuadoras, batidoras, percoladoras y mangos de cuchillería por ejemplo. Fuera de la cocina en radios, televisores, juguetes, lámparas, herramientas caseras, etcétera. En los baños mangos para cepillos de dientes, partes de plomería; en artículos deportivos como zapatos, cascos, partes de bicicleta entre otros.

En la industria Automotriz tiene este material gran acogida en partes mecánicas con esfuerzos medianos como tolvas y piezas de mecanismos; en aplicaciones de carrocerías, en piezas de cabina como cubiertas de puerta y tablero, etcétera.

El ABS ha tomado especial importancia en la fabricación de tubería para uso eléctrico y sanitario, conexiones para tubería y accesorios para la construcción. Así a corto plazo será común ver en nuestro país puertas, ventanas y perfiles decorativos logrados con este material.

2.- Abreviatura

(ABS) Acrilo Nitrilo Butadieno Estireno.

3.- Generalidades

Este material debe su nombre a que es producido por la combinación de tres monómeros que son - Acrilonitrilo, Butadieno, Estireno - y que forman el "triángulo del ABS". Cada uno de ellos contribuye con sus características:

- El *Acrilonitrilo* es el responsable de sus resistencias química, al ambiente y al envejecimiento.
- El *Butadieno* aporta su capacidad de absorber impactos y conservar buenas propiedades mecánicas a bajas temperaturas.
- El *monómero de estireno* facilita su transformación, da buena apariencia y brillo.

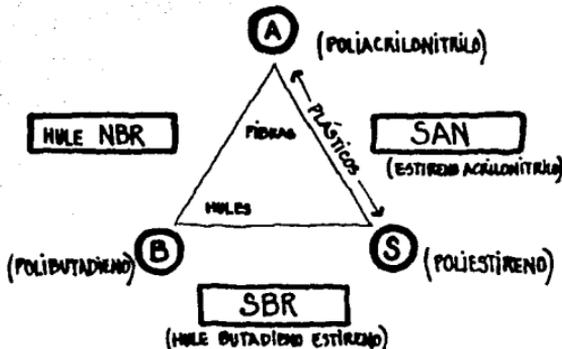


Figura 56. El "triángulo del ABS". Además de los Homopolímeros que los componen se muestran los interpolímeros que estos pueden producir.

El comportamiento de la resina puede variar de acuerdo a los porcentajes de los homopolímeros participantes en ella, los cuales se dan usualmente en los rangos Acrilonitrilo 22% Butadieno 10% y Estireno 68% para una resina de "usos generales".

Para su transformación el ABS se encuentra en el mercado como pellet, con su natural color blanquizco o en una gran variedad de colores.

- Razones importantes para su uso.

Buena combinación de propiedades mecánicas

Buena resistencia química

Aceptable resistencia al calor

Buena resistencia al impacto

Buena estabilidad dimensional

Entre los plásticos de Ingeniería es de los más económicos

Gran versatilidad para su transformación y acabado

Puede ser "cromado o bronceado"

- Limitaciones Notables del Material

Poca resistencia ambiental

En algunos tipos autoextinguibles presentan una baja resistencia al calor.

Absorbe Humedad

4.- Propiedades

Variando las propiedades de los homopolímeros en la resina se han generado una gran variedad de tipos (también llamados "grados") de ABS, todos ellos presentan características especiales pero podemos ubicar las generales de esta familia de plásticos así:

Mecánicas

Es un material con un excelente balance en sus propiedades ya que sus repuestas a la tensión, flexión y dureza son muy buenas considerando su ligereza. Sobre sale entre éstas su capacidad de respuesta al impacto lo que lo hace ser muy apreciado ahí donde la posibilidad de choque es alta como es en el caso de los aparatos telefónicos.

Químicas

Su resistencia a ácidos débiles es alta lo mismo que ante soluciones alcalinas débiles o fuertes.

Los ácidos fuertes si atacan al material, podemos mencionar especialmente la acetona y sustancias cloradas que disuelvan a la resina.

Térmicas

El ABS presenta una estructura molecular amorfa por lo que muestra una gama de temperaturas de ablandamiento y no un derretimiento "repentino".

Su temperatura máxima de uso está alrededor de 71°C para resina sin modificar, ya que como adelante veremos se ofrecen grados especiales donde esta resistencia aumenta significativamente.

Estabilidad Dimensional

El material tiende a absorber humedad aunque en pocas proporciones, esto refleja en las dimensiones finales del producto y en un aumento en complejidad en su transformación.

Eléctricas

Se recomienda su uso únicamente en piezas para aislamiento secundario debido a que sus propiedades en términos generales son relativamente buenas pero no satisfactorias para ser considerado como un material para usos eléctricos.

Flamabilidad

En resinas sin modificar su tendencia a inflamarse no se puede pasar por alto por lo que ha sido necesaria la creación de grados especiales de ABS autoextinguible.

Intemperismo

La resina para usos generales presenta poca resistencia a la luz del sol (principalmente a los rayos UV) lo que resulta en importantes cambios en apariencia y propiedades mecánicas originales después de una prolongada exposición. Se han desarrollado grados modificados del material que evitan estos efectos.

Coloración

Se encuentran en el mercado gran cantidad de resinas preparadas (conocidas en la Industria como "master batch") con gran variedad de coloraciones y el material acepta casi cualquier colorante, lo que hace atractivo para aplicaciones donde la presentación de los objetos es crucial.

Grados especiales de resinas ABS***Grados resistentes al calor***

En estos productos se agraga un cuarto homopolímero a la fórmula que es alfa metil estireno, o bien se realizan mezclas con sustancias como el estireno maleico. Con esto se logra aumentar la resistencia del material al calor hasta 116°C de temperatura de deflexión.

Grados retardantes de flama

Se logran agregando a la resina elementos halogenados o preparando mezclas con polímeros como el PVC que por sí mismos son autoextinguibles. Una gran cantidad de grados de retardantes a la flama se han desarrollado últimamente para cumplir con los cada día más estrictos controles en todos los campos como lo son las normas de materiales para aviación.

Grados para "plateado"

También conocidos como materiales para "electrodeposición", han tenido un gran aumento en su consumo como elementos de ornato de interiores y de aparatos de diversos usos.

Grados para aplicaciones mecánicas

También conocidos como "Reforzados", en ellos dependiendo de los requerimientos de trabajo de la pieza se agrega fibra de vidrio, o mica, o rebaba de aluminio y otros materiales comunes a estos. De esta manera se logra una importante mejora de las propiedades mecánicas de la resina original.

Grados para producir ABS espumado

Estas formulaciones están disponibles en espumados de uso general y con propiedades de anti flama, la estructura espumada se puede generar de dos maneras:

- a).- Con un "agente espumado" que reacciona al momento de iniciarse el proceso de transformación.
- b).- Inyectado de Nitrógeno al material plastificado previa su entrada al molde.

Grado Transparente

De poca difusión en la Industria Nacional, pero aprovechar las propiedades de este material a la vez que sea prácticamente transparente se antoja de gran interés para campos como embalaje y aparatos electrónicos. Esta propiedad se logra al agregar a la resina de usos generales otro monómero este de metil-metacrilato.

5.- Procesos de transformación

Las resinas de ABS pueden ser transformadas por las técnicas más comunes para termoplásticos. Cabe señalar que para la aplicación de la mayoría de estas es necesario secar la resina a través de

hornos para este propósito a manera de sacar la humedad que el material tuviera en exceso y que de no desecharse traería problemas de acabado y estabilidad en los productos con ella fabricados.

Maquinado y Procesos de Post-formado

El producto fabricado con ABS puede ser maquinado con herramienta sencilla de carpintería o metalistería, cortarse, perforarse, remacharse, etcétera. Pueden aplicarse en él insertos, diversos sistemas de fijación y soldado como adhesivos, rotación y ultrasonido.

Aceptan gran cantidad de decoraciones como el cromado y horneado además de impresiones serigráficas en caliente de aquí su gran aceptación en la decoración de interiores en la Industria Automotriz y los electrodomésticos.

6.- Producción y consumo

En México sólo existe un fabricante de ABS, que es Industrias Resistol S.A.

En el mundo hay muchos y muy importantes productores de esta resina de los cuales algunos de ellos como Bayer y Borg Warner Chemicals, por medio de sus representantes distribuyen sus variados tipos de ABS en nuestro país.

El mercado de ABS en el país se repartió de la siguiente manera:

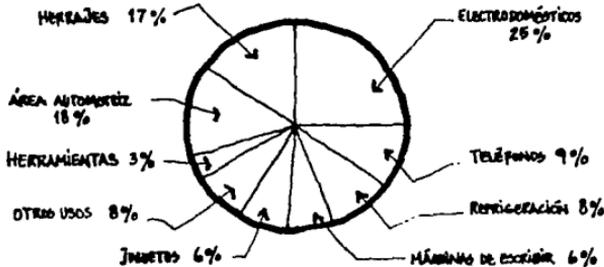


Figura 57. Segmentación del mercado del ABS en nuestro país.

2.- Resinas acetálicas

1.- Aplicaciones

Industria Automotriz

Flotadores de carburador, perillas, botones, partes de apagadores, partes de cerraduras, de bombas de combustibles, engranes pequeños, partes del tapón de combustible, partes del sistema de sujeción del cinturón de seguridad, etc.

Industria Mecánica

Partes de bombas engranes levas y palancas, propelas para bombas, partes de rodillos y baleros, poleas, elementos de fricción, bujes, partes de válvulas para plomería, elementos de filtros, etc.

Usos Domésticos

Partes de mecanismos de juguetes, válvulas para latas de aerosol, encendedores desechables, tapones de plumas, cierres para ropa, equipaje y rodillos para cassette.

2.- Abreviatura

("POM") "poliacetales", "Poliformaldhído" o "Acetales" son nombres comunes de este material en la Industria.

3.- Generalidades

Las resinas acetálicas se producen en dos presentaciones:

- Resinas Acetálicas (Homopolímero); y
- Resinas Acetálicas (Copolímero)

Ambas aunque ofrecen características similares también presentan algunas particularidades que las hacen atractivas para algunas aplicaciones especializadas.

Razones importantes para su uso.

Sus capacidades de resistencia mecánica y de rigidez resultan excelentes a altas temperaturas lo que los hace ser apreciados por los fabricantes de electrodomésticos.

Excelente resistencia a la fatiga comparados con otros plásticos de Ingeniería, de esta manera funciona satisfactoriamente como sustituto de piezas antes fabricadas en metal.

Resiste fácilmente a gasolinas y solventes comunes

Resistente a la Humedad

Ideal para fabricar piezas destinadas a la fricción ya que nos ofrece un bajo coeficiente de este y excelente resistencia al desgaste.

Buenas características de resistencia al impacto.

Aceptada por organismos internacionales para estar en contacto con alimentos.

Excelente estabilidad dimensional.

Gran versatilidad en su proceso y acabados

Disponible por fabricación nacional

Precio moderado entre los materiales de su tipo

Limitaciones Notables del Material

- a).- Sin ser modificados no son autoextinguibles
- b).- Su resistencia a ácidos es limitada

4.- Propiedades

Los acetales homopolímero presentan las siguientes características de interés para el diseñador:

Mecánicas

Son los más resistentes de los termoplásticos no reforzados ya que su comportamiento a la tensión,

compresión y rigidez resultan excelentes además de que a esfuerzos de carga constantes muestran muy pequeñas deformaciones.

Los acetales homopolímeros son materiales de gran dureza y de gran resistencia al impacto, misma que se mantiene a temperaturas muy bajas por lo que su campo de aplicación en dispositivos automotrices y de aeronáutica se amplía constantemente.

Químicas

La resistencia de los acetales homopolímero es buena a una gran variedad de productos químicos como son gasolinas, aceites, sustancias de éter, solventes suaves y otros de uso común.

Térmicas

Presenta un punto de reblandecimiento más bajo que otros termoplásticos de Ingeniería. Su temperatura máxima de trabajo es de 100°C.

Estabilidad dimensional

Al ser su absorción de agua prácticamente nula los problemas de cambio en cuanto a sus dimensiones son de hecho inexistentes, ya que se determina que este no es nunca mayor a 0.4% con la pieza de prueba sumergida en agua.

Eléctricas

La resistividad eléctrica de estos materiales es muy alta lo que los ubica como buenos aislantes y que sumado a sus demás propiedades los hace muy atractivos para el diseñador de productos eléctricos.

Es de mencionarse que los acetales conservan sus propiedades eléctricas en altas temperaturas, a humedad relativa muy alta y después de largos periodos de uso.

Flamabilidad

Arde en una forma muy lenta y no genera, o genera muy poco humo, aunque produce un olor irritante parecido al formol.

Intemperismo

Su resistencia a este factor se considera aceptable ya que sólo después de largos periodos de exposición presenta ligeras manchas.

Coloración

En el mercado la mayoría de tipos de acetales se encuentran disponibles en gran cantidad de colores, aunque no representa un problema especial su coloración durante el proceso de este plástico.

Grados especiales de Acetales Homopolímeros

Además del grado de "usos generales" los fabricantes ofrecen al transformador Resinas Acetálicas en tres grados:

Grado con mejoras de proceso

Aquí las resinas originales han sido modificadas para ofrecer una mejor lubricación en el interior de la máquina con lo que se logra un procesamiento más rápido y limpio.

Grado de baja fricción

La resina original se le ha modificado agregándole fibras de fluoropolímero lo que produce un material con extraordinarias características de baja fricción y abrasión.

Grado reforzado con fibra de vidrio

El vidrio y el acetal homopolímero forman un compuesto que dependiendo del porcentaje del primero (20-25% usualmente) mejora las propiedades mecánicas del material en forma significativa.

Resinas Acetálicas en Copolímero

Como en el caso del homopolímero las resinas acetálicas en copolímero muestran un excelente balance de propiedades mecánicas, químicas y térmicas. La principal diferencia entre uno y otro se da en la aplicaciones en donde se espera una larga vida útil del producto.

Las propiedades de estas resinas son muy similares a las del homopolímero a las que habría que agregar:

Mecánicas

Sus propiedades mecánicas son todas buenas a corto plazo con altos valores de respuestas a esfuerzos a la tensión, al corte, dureza y flexibilidad. A largo plazo este material presenta comportamientos excelentes bajo aplicación de cargas por largos periodos de tiempo con deformaciones muy bajas.

Químicas

Su estructura química le permite a este material un confiable desempeño en ambientes sumamente hostiles. No resulta dañado por solventes comunes, gasolinas, acetona, alcohol etílico, etcétera.

Térmicas

Resultan sobresalientes ya que mantiene sus características aún expuesto a altas temperaturas (hasta 110°C aproximadamente) durante largos periodos de tiempo inclusive puede soportar temperaturas más altas con exposiciones cortas sin deformarse.

Permeabilidad

Los acetales copolímeros son ampliamente usados para fabricar envases de productos en aerosol ya que impiden casi totalmente el paso de vapores y condensación.

Grados especiales de Acetales Copolímeros

Modificados para uso de exteriores

Disponibles para aquellos usos expuestos a los rayos ultravioleta del sol (UV), donde se espera decoloración o detrimento en su apariencia.

Modificaciones para bajo desgaste

Se formulan con adiciones de aceite siliconado, y su principal aplicación se da en rodamientos de alta velocidad con cargas livianas.

Modificados con agentes antiestáticos

Formulados para satisfacer principalmente los mercados de la fabricación de cassettes en particular y electrónico en lo general, donde resistencia y cualidades antiestáticas son necesarias.

5.- Procesos de Transformación

Las resinas acetálicas no requieren un proceso de secado antes de pasar a la máquina que lo ha de formar ya que no absorbe humedad. Con este material son usuales los siguientes procesos de transformación:

Inyección

Pueden ser formados con cualquier tipo de máquina de inyección con pistón o husillo aunque se prefiera este último. El control de temperatura del molde usado es de gran importancia para obtener piezas de calidad.

Maquinado

Los procesos post-formado (de requerirse) puede hacerse fácilmente ya que el material acepta los trabajos de corte, taladrado, lijado y otros comunes.

Ensamble

Puede ser ensamblado por los medios comunes para termoplásticos como son soldadura (procesos convencionales), adhesivos o por medio de sujetadores mecánicos.

Acabado

Puede ser pulido y acepta fácilmente impresiones.

6.- Producción y Consumo

La producción de Resinas Acetálicas en nuestro país recae en dos empresas:

Celanese Mexicana marca "Celcón" (copolímero)

Dupont Mexicana Marca "Delrin" (homopolímero)

También están disponibles materiales de importación como el "Hastaform" y "Ultraform" ambos de fábricas alemanas.

El mercado de acetales en nuestro país se repartió de la siguiente manera:

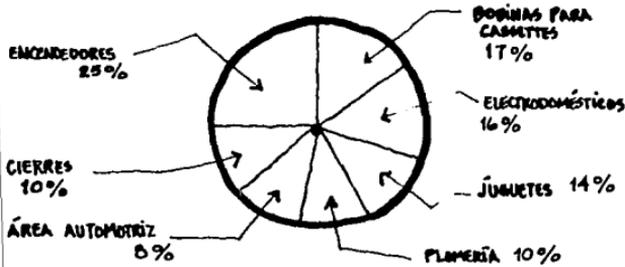


Figura 58. Segmentación del mercado de los acetales en México.

3.- Acrílico

1.- Aplicaciones

Las resinas acrílicas son usadas en un gran número de campos los principales son:

-Iluminación

Difusores de luminarias, aplicaciones en plafones, lentes y cuerpos de lámparas.

-Construcción

Domos, arcos cañon, vidrio plástico, cancelería, tinas, minerales, casetas telefónicas, muebles.

-Industria Automotriz

Calaveras, señales, partes de tableros, reflejantes, domos, protectores de instrumentos, formulaciones para barnices y pulidores.

-Varios

Lentes de aplicación, óptica y de laboratorio, juguetes, bolígrafos, artículos de oficina, tablas para picar, bastones, prótesis y aplicaciones dentales.

2.- Abreviatura

(PMMA). Polimetil metacrilato

3.- Generalidades

Se denomina "Acrílicos" a una gran familia de Polímeros y Copolímeros los cuales están basados en mayor o menor medida en dos componentes principales que son los ésteres-acrilatos y los metacrilatos. Los que son usados individualmente o en combinación con otros componentes u otros monómeros los que generan una gran variedad de materiales.

El más importante de esta familia es aquel plástico derivado principalmente del metil-metacrilato, un duro y brillante material suministrado a la industria transformadora en forma de gránulos o pellets para moldear y atractivas láminas.

Razones Importantes para su uso.

Excelentes propiedades ópticas las que incluyen gran transparencia

Excelentes características de resistencia ambiental, inclusive en periodos largos de exposición.

Buena resistencia al impacto

Es aproximadamente 50% más ligero que el vidrio o el aluminio

Gran compatibilidad con colorantes y pigmentos.

Notables limitaciones del Material

Baja resistencia al rayado comparada con el vidrio

Resistencia química muy limitada para el caso de álcalis y solventes comunes.

4.- Propiedades

Las resinas y copolímeros de metil metacrilato presentan una amplia gama de propiedades que dependen directamente de su formulación, en términos muy generales estas son:

Mecánicas

La dureza de los acrílicos es comparable a materiales como el cobre o el latón pero su rigidez es mucho menor lo cual permite al diseñador obtener formas atractivas y resistencias.

Estos materiales presentan buenas conductas ante esfuerzos de tensión y flexión durante periodos cortos de tiempo, si estos se prolongan se producirán marcas irreversibles en el material.

La resistencia al impacto resulta como una propiedad del acrílico muy interesante para el diseñador ya que para resinas típicas se calcula en seis veces la del vidrio común.

Químicas

Resisten satisfactoriamente ácidos diluidos, álcalis, agua salada hidrocarburos, ésteres, sustancias fotográficas, sustancias usadas en la fabricación de baterías comerciales y en general a productos para limpieza de uso doméstico.

El acrílico resulta dañado por solventes orgánicos, hidrocarburos aromáticos, clorados y solventes adelgazadores.

Térmicas

Presentan una resistencia al calor entre 60 y 93°C que depende de la formulación particular del plástico.

La estabilidad de este material es un punto crítico a considerar durante el trabajo de diseño, ya que en el acrílico tiende a expandirse o contraerse ante los cambios de temperatura y humedad del medio ambiente lo que obliga a ofrecer holguras en la sujeción de la pieza a manera de no sufrir fracturas o deformaciones durante la vida útil del producto.

El aislamiento térmico que proporciona este material es aproximadamente 20% mejor que el que ofrece el vidrio común.

Estabilidad Dimensional

Resulta susceptible a los cambios de temperatura y humedad del medio ambiente en rangos que oscilan entre 2 y 12% lo que depende del tipo de acrílico.

Eléctricas

Las resinas de acrílico presentan baja conductividad eléctrica y buenas características de resistencia al arco y esfuerzo dieléctrico.

Flamabilidad

Son materiales combustibles que arden discretamente pero en forma constante, por lo cual su aplicación en lugares con peligro de incendio debe ser analizada con detenimiento.

Intemperismo

Presentan una gran resistencia a los rayos del sol y otros factores del ambiente lo mismo que a largos periodos de exposición a luz artificial. Esto para resinas de usos generales, ya que en el caso de acrílicos modificados su resistencia al intemperismo es menor.

Ópticas

Su rango de transmisión de luz comparada con la de el vidrio común es hasta del 92%, lo que da casi la transmisión completa de la luz visible con magníficos índices de refracción.

5.- Procesos de Transformación

Con cualquiera de sus presentaciones comerciales, polvo, pellet o placa los acrílicos son transformados con cualquiera de los procesos usuales para termoplásticos.

Considerando su absorción de humedad del material, conviene señalar la importancia del presecado previo al moldeo.

Una gran parte del acrílico que se procesa en la Industria Nacional se realiza en talleres con maquinaria sencilla para madera o metal mecánica.

Todo ellos con técnicas especiales para el material fáciles de dominar, por lo cual es el plástico ideal para la formación de pequeños talleres con recursos muy limitados.

6.- Producción y Consumo

Las Industrias de la resina para moldeo y placas de acrílico ha mostrado en los últimos quince años un constante crecimiento y se espera que continúe con esta tendencia a futuro.

De esta producción más de 70% se destinó a producir placa, 15% resinas, y 15% restante a procesarse con fibra de vidrio en placa o grano acrílico de usos especiales.

Las Industrias en nuestro país que producen este material son seis entre los cuales destacan por su participación mayoritaria en el mercado:

- Rohm and Hass de México, con su marca "Plexiglas", y
- Plastiglas de México, con su marca "Plastiglas"

La lámina acrílica o placa que se produce en nuestro país se procesa de la siguiente forma:

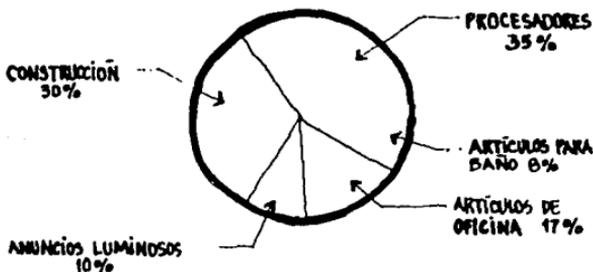


Figura 59. Segmentación del mercado de placa de acrílico en nuestro país.

4.- Celulósicos

1.- Aplicaciones

Armazones para lentes y lentes para todos usos
 Peines y cepillos de pelo
 Joyería de fantasía
 Botones
 Tubos y perfiles, extrusiones sólidas
 Recipientes para cosméticos
 Dados para juegos de mesa y fichas de dominó
 Bolígrafos
 Empaques termoformados
 Juguetes

2.- Abreviatura

3.- Generalidades

Los plásticos de celulosa son materiales que se obtienen de productos tales como la pulpa de la madera y del algodón. Estos pueden ser "fibra" como el "rayón" o bien una película como el celofán ambos son productos que no se ablandan con el calor, para poder hacer de ellos materiales termoplásticos se requiere modificarlos químicamente. Se dividen en:

- a).- Nitrato de Celulosa
- b).- Etil Celulosa
- c).- Triacetato de Celulosa
- d).- Acetato de Celulosa

El más usado por la Industria es el Acetato de Celulosa.

La gama de características que ofrecen los plásticos de celulosa es muy amplia puesto que cada tipo nos ofrece comportamientos particulares. No obstante es posible generalizar algunas que ilustran a todos ellos.

Principales razones para su uso.

Gran transparencia
 Superficies muy tersas. Agradables al tacto
 Buena dureza
 Buena resistencia a los rayos solares

Notables limitaciones del Material

Baja resistencia al calor
 Gran absorción de humedad
 Baja resistencia química
 Arde fácilmente y con intensidad

4.- Propiedades mecánicas

Aunque las propiedades mecánicas que ofrecen estos materiales varían según cada tipo, diremos que presentan una gama de durezas altas todas ellas y gran rigidez cuando no han sido modificadas.

Ofrecen buena resistencia al impacto y al descrapelado.
 Su resistencia a la tensión es muy baja; su oposición a la deformación y la fatiga es aceptable.

La conducta al desgaste resulta satisfactoria para aplicaciones no de Ingeniería.

Químicas

Las Resinas de Celulosa son plásticos con una resistencia química muy limitada. A temperatura ambiente resisten el ataque de ácidos y álcalis suaves, a la vez que son atacados hasta ser disueltos por ácidos y álcalis fuertes así como por solventes más comunes.

Térmicas

Son materiales poco apropiados allí donde las altas temperaturas son constantes, ya que no mantienen sus propiedades originales arriba de un rango que puede ir de 42 a 95°C, estas cifras abarcan las correspondientes prácticamente todos los tipos de celulosas disponibles en el mercado. Son buenos conductores de calor.

Estabilidad dimensional

Los celulósicos muestran buena estabilidad dimensional a temperatura ambiente, productos con ellos fabricados y sometidos a todo tipo de esfuerzo comparables a condiciones de abuso demuestran magníficas respuestas en cuanto a cambios en sus magnitudes.

En el plástico ya formado en producto, la incidencia de absorción de humedad no es significativa.

Eléctricas

No son materiales que comúnmente se apliquen en usos eléctricos aunque son buenos aislantes a temperatura ambiente.

Flamabilidad

En resinas sin modificar se presenta una combustión muy rápida comparada con otros termoplásticos. Para minimizar esta característica se encuentran disponibles compuestos formulados que pueden hacer de los celulósicos materiales autoextinguibles.

Intemperismo

Con excepción del acetato de celulosa, son relativamente resistentes a la exposición a rayos solares y a los factores de la intemperie ya que en períodos largos de uso bajo condiciones adversas resultan con amarillamiento y pérdidas de propiedades.

Coloración

Si bien las resinas de Celulosa ofrecen una transparencia muy atractiva pueden ser coloreados de la forma que se desee sin perder el brillo y tersura propias. También se puede aprovechar las imitaciones de otros materiales hoy de moda como el mármol y el nácar.

Las familias de resinas de Celulosa que abajo se muestran son las más populares y ofrecen características particulares que son:

a).- Nitrato de Celulosa

Muestra una sobresaliente estabilidad dimensional poca absorción de humedad y dureza, aunque resulta muy afectado por la intemperie y el calor, La desventaja mayor que presenta este plástico es la de ser fácilmente inflamable.

Sus principales aplicaciones se dan en joyería de fantasía, hebillas y accesorios de moda además de aplicaciones decorativas de instrumentos musicales.

b).- Etil Celulosa

Es el más ligero de todos los celulósicos a la vez que el menos transparente.

Es fácil de procesar con métodos convencionales y se ofrece en formulaciones para mejorar su resistencia al calor y al impacto.

Sus principales aplicaciones se dan en la fabricación de componentes eléctricos principalmente por sus capacidades como aislantes y poca absorción de humedad.

c).- Triacetato de Celulosa

Sus principales virtudes son las de excelente resistencia al calor (comparada con los demás materiales celulósicos), dureza, buenas propiedades eléctricas como aislante y resistencia a ataques químicos leves.

Se usa el Triacetato de Celulosa como base para película fotográfica, cintas para aparatos de audio y video, materiales para artes gráficas y como aislante en la industria eléctrica y en la electrónica.

d).- Familia del Acetato, Butirato, propionato de Celulosa

Dependiendo de la sustitución de compuestos químicos que participan en la reacción del acetato de celulosa es posible obtener acetato-butilato, o acetato propionato de celulosa aunque el más popular y el de mayor valor de producción es el acetato de celulosa sin lugar a dudas.

Estos polímeros son duros, resistentes mecánicamente en especial a pruebas de impacto, de gran transparencia y tersura, pueden ser coloreados de forma ilimitada.

Su resistencia química es muy aceptable en acetato, propionato o butirato de celulosa, puede estar en contacto con alimentos sin contaminarlos.

Son plásticos de relativamente fácil de transformar con procesos convencionales para termoplásticos.

Encuentran una enorme gama de aplicaciones donde la resistencia y claridad son requisitos indispensables como en lentes para deportistas, juguetes, dispositivos de iluminación, para fotografía, empaques transparentes u otras similares.

5.- Procesos de Transformación

Las resinas de Celulosa no plantean grandes problemas en su transformación ya que pueden aplicarse en ellos prácticamente todas las técnicas convencionales para termoplásticos donde sobresalen por su frecuencia del moldeo por inyección, extrusión, extrusión-sopleo y termoformado.

Importante para obtener piezas satisfactorias en los procesos de moldeo en el secado previo a su transformación. Este debe realizarse a temperaturas indicadas por el proveedor y de no ser esta operación eficiente se provocará pérdidas de propiedades en los materiales así como una excesiva humedad en el producto final y que lo tornará quebradizo.

Aceptan fácilmente tratamientos post-formado como corte, perforado y rebabeado con maquinaria sencilla. Favorecen la aplicación de técnicas convencionales de ensamble mecánico y con adhesivos.

5.- Grupo Amino. Resinas de Melamina-Formaldehído

1.- Aplicaciones

- Industria Eléctrica

Tapas y platos para centros de carga

Palancas de apagadores

Carcuzas para controles eléctricos

Botones para aparatos eléctricos, principalmente máquinas-herramientas

- Industria de los laminados

Laminados decorativos para mobiliario, principalmente con aglomerados.

Laminados de uso Industrial

-Otros

Vajillas de uso doméstico y de uso pesado

Ceniceros y recipientes

Consolas de instrumentos militares

2.- Abreviatura

(MF) Resinas o masas de melamina-formaldehído

3.- Generalidades

Estos materiales junto con los de urea-formaldehído (material que será revisado inmediatamente después de este) son las principales resinas del "grupo amino".

La resina de melamina-formaldehído (en lo sucesivo "Melamina") es una sin color ni olor y se encuentra en el mercado como polvos preparados para moldeo o bien en líquidos para usarse en recubrimientos y laminados.

Razones importantes para su Uso

Excelente dureza

Resistencia al agua y detergentes

Buen aislante eléctrico

Buena compatibilidad con colorantes

Autoextinguibles

Notables limitaciones del Material

Pobre resistencia al Impacto

Delicada estabilidad dimensional

4.- Propiedades

Mecánicas

En estos materiales la dureza es alta como también lo es su respuesta a la flexión.

Su resistencia depende en gran medida de si la resina ha sido reforzada o no en este caso la resistencia es pobre.

Su comportamiento ante esfuerzos de tensión resulta equi parable a algunos plásticos de Ingeniería como el nylon, lo mismo sucede con su resistencia a la tracción.

Químicas

Es resistente a mancharse por agua y detergentes.

Sopporta satisfactoriamente el ataque de solventes comunes de uso doméstico y no resiste a ácidos y bases fuertes.

Térmicas

La temperatura máxima de uso para este plástico se ubica en un rango que va de 72 a 108°C. Estas temperaturas pueden ser aumentadas significativamente con la aplicación de "cargas" de alfa-celulosa y asbesto con el cual lograremos mantener las propiedades originales hasta temperaturas de aproximadamente 190°C.

Conducen con facilidad el calor por lo cual no son apropiadas para usarse ahí donde se requieren propiedades de aislante térmico.

Estabilidad dimensional

Es mucho más baja que otros materiales de ingeniería, aunque su absorción de agua es muy pequeña.

Eléctricas

Sus propiedades ante cargas eléctricas son excelentes en especial en el funcionamiento como aislante, por lo cual gran cantidad de sus aplicaciones son en esta rama de la Industria.

Flamabilidad

Es en la mayoría en sus grados comerciales, autoextinguible.

Intemperismo

Aunque no es un plástico popular por su resistencia a los factores del ambiente, su conducta ante exposiciones no muy prolongadas es satisfactoria, y sólo muestra deterioro de sus propiedades ante largos periodos de uso en exteriores.

Coloración

A diferencia de materiales muy cercanos químicamente (como las resinas fenólicas), las resinas de melamina-formaldehído pueden ser pigmentadas prácticamente con cualquier color.

Grados especiales de Melamina-Formaldehído**Compuestos para moldear**

A estas formulaciones se les agrega diversas cargas como minerales, fibra de vidrio, algodón, harina de madera, y de alfa-celulosa. Así, se le imparte a los compuestos mejoras en sus propiedades generales aunque benefician especialmente su moldeabilidad y acabados haciéndolos más duros y brillantes.

Resinas de Melamina para laminado

Las resinas de melamina son preferidas por los fabricantes de laminados y tableros que se usan en la Industria mueblera para la fabricación de cuerpos y cubiertas, debido a sus características de dureza, resistencia a las manchas, claridad y ausencia del fenómeno de amarillamiento.

Estos plásticos se ofrecen al fabricante como una resina de uso general para ser preparados con agua, según las necesidades particulares del producto a fabricar.

Resinas de melamina para la fabricación de adhesivos

Los adhesivos de resinas de melamina son los de mejor calidad entre aquellos fabricados con resinas del grupo "amino" al cual pertenece la melamina, pues dan un adhesivo durable y resistencia a la humedad por lo que tienen gran éxito en aplicaciones exteriores y para usos marinos.

Recubrimientos

Estas resinas se preparan con otros materiales donde los elementos de melamina son los de menor calidad. Se aplican principalmente en la Industria Textil.

5.- *Procesos de Transformación*

El moldeo por compresión es prácticamente el único usado para transformar este material en el caso de que no sean productos laminados.

Para la aplicación de melamina en textiles y tableros se utiliza principalmente el proceso de impregnación y presión en caliente. En mucho menor medida se usa la inmersión en tintas, esto principalmente en la Industria Textil.

6.- *Producción y Consumo*

La melamina-formaldehído que se transforma en la Industria Nacional es prácticamente en su totalidad del país ya que las importaciones hechas para satisfacer la demanda no impactan el consumo doméstico.

Hoy existen gran cantidad de empresas que fabrican este material para su venta o autoconsumo entre los que destacan Basf Mexicana, Bayer de México, y Cyanamid de México entre otras muchas más que constantemente aumentan su producción.

El consumo de melamina-formaldehído en nuestro país se repartió de la siguiente manera:

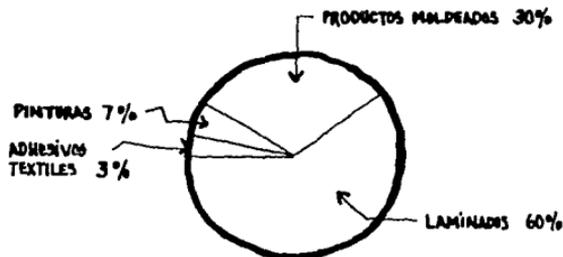


Figura 60.- Segmentación del mercado de la melamina-formaldehído en México.

6.- Grupo Amino. Resinas de Urea-Formaldehído

1.- Aplicaciones

- Industrias Eléctricas
Dispositivos para el manejo de cables y alambres para la conducción de electricidad.
Tapas y platos para centros de carga
Interruptores y Apagadores
Teclas y Perillas de cajas de control
- Industria de los aglomerados y abrasivos
Adhesivos y aglutinante para la elaboración de tableros de madera Aglutinante para la fabricación de lijas y discos abrasivos
- Industria de las pinturas y acabados
Formulación de pinturas y barnices

2.- Abreviatura

(UF) Resinas o masas de Urea-formaldehído

3.- Generalidades

Esta resina transparente, termofija, se encuentra en el mercado como un líquido con varias viscosidades según el tipo o bien como polvos para moldeo y forma junto con la Melamina las principales resinas del "grupo amino".

Razones Importantes para su uso.

- Buena estabilidad al ambiente
- Buena resistencia química
- Autoextinguible
- Bajo costo comparado con otras resinas similares

Notables limitaciones

- Moderada resistencia Química
- Poca resistencia al calor

4.- Propiedades

Mecánicas

Es un material con menor dureza que sus parientes los fenólicos y la Melamina. su resistencia mecánica es moderada aunque su respuesta a esfuerzos como tracción y compresión resulta aceptable de un material que en muchos tipos es quebradizo.
Su comportamiento a la abrasión es excelente.

Químicas

Su resistencia a sustancias como el agua y detergentes es inferior a otros materiales como el poliestireno. Es un material muy estable ante solventes orgánicos comunes como la acetona, no lo es ante ácidos débiles y fuertes así como ante sustancias alcalínicas.

Térmicas

No resiste altas temperaturas ya que su proceso de descomposición comienza a temperaturas no más allá de 60°C, misma que se puede mejorar (de hecho así se hace) con varios tipos de cargas.

Estabilidad dimensional

Presenta Urea-formaldehído deformaciones a esfuerzos relativamente bajos aplicados a temperaturas más arriba de la del ambiente.

La absorción de humedad no representa un problema en la estabilidad de piezas formadas con este material.

Eléctricas

Sus propiedades eléctricas son excelentes ya que resulta en magnífico aislante y de aquí su aceptación entre los fabricantes de piezas para la Industria Electrónica.

Flamabilidad

Es un plástico autoextinguible

Intemperismo

Su resistencia ante exposiciones no muy prolongadas es satisfactoria. No presenta señales de amarillamiento.

Muestra leves señales de degradación por rayos solares sólo ante exposiciones solares prolongadas.

Coloración

Gran compatibilidad con cintas y pigmentos de colores, además de que permite una gran cantidad de acabados durante el proceso de moldeo.

Grandes especialidades de Urea-formaldehído**Compuestos para moldeo**

Las resinas de urea-formaldehído para moldeo están formuladas con aditivos y cargas que principalmente sirven para aumentar su resistencia y moldeabilidad. Las cargas más usadas son fibra de vidrio, algodón, harina de madera y alfa-celulosa. Todas ellas, además, le imparten a los compuestos características específicas según la cantidad de carga usada y marca comercial.

Por lo general estos compuestos presentan en el producto terminado superficies brillantes, muy duras, de gran durabilidad y mejores propiedades eléctricas que la resina sin modificar.

Adhesivos

Dos adhesivos de resina amino se fabrican tanto con melamina como con Urea y los primeros son de mayor calidad aunque también de mayor costo. Los fabricantes tienden a balancear las propiedades de ambos a través de adhesivos elaborados con ambos materiales logrando adhesivos de buena calidad y menor costo. Los usuarios comunes de estos adhesivos son los fabricantes de muebles.

También se ofrecen en el mercado adhesivos basados únicamente en las resinas de Urea-Formaldehído formulada con otras sustancias. Esto ofrece un material con mayor fuerza de adhesión y durabilidad.

Recubrimientos

Los recubrimientos de resinas de urea-formaldehído en mezcla con tres productos naturales o sintéticos, tienen un amplio uso principalmente en la Industria Textil.

Espumados

De usos muy limitados aún, estas resinas se convierten en espumas sólidas mediante la adición de agentes espumantes y agua. Las celdas o burbujas que forman el espumado son microscópicas con magníficas propiedades de autoextinguibilidad y baja absorción de agua.

5.- Producción y Consumo

La producción de resina de Urea-Formaldehído en el país durante los últimos años ha sido suficiente para cubrir la demanda de la Industria Nacional, la cual ha mostrado moderadas tendencias al

crecimiento por lo cual se espera una pequeña pero sostenida tendencia línea de crecimiento para este material.

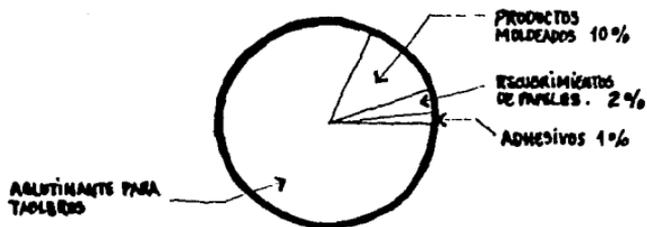


Figura 61. Segmentación del mercado de la Urea-formaldehído en México.

7.- Nylon

1.- Aplicaciones

Algunas aplicaciones del Nylon opaco (arquitectura molecular cristalina)

-Industria Automotriz

Partes de carburador

Manijas exteriores de puertas, base y cuerpos de espejo

Tapón de depósito de combustible

Tapones de ruedas

Soportes de paneles de instrumentos

Mangueras

-Industria Eléctrica y Electrónica

Recubrimientos de cables

Partes de conexión para telefonía

Clavijas de interruptores

-Empaque

Botellas y envases

Películas

Tanques y contenedores

Bolsas para alimentos congelados

-Domésticos

Hilos

Cerdas para Cepillos de dientes y pelo

Partes electrodomésticos

Partes de cerraduras

-Industrias diversas

Materia prima para la Industria Textil

Partes de mecanismos como levas y engranes

Partes de motores, por ejemplo tapas de punterías

Algunas aplicaciones del Nylon transparente (Arquitectura molecular amorfa)

-Industria diversas

Conectores eléctricos

Partes de uso electrónico

-Empaque

Películas destinadas a empaque de embutidos y cortes finos

-Médicos

Partes para trasplantesy, dispositivos para exploración sin cirugía

2.- Abreviatura

(PA) "Nylon" en un nombre comercial que pertenece a una familia de las POLIAMIDAS y que es aceptada para designar en forma genérica a estos materiales.

3.- Generalidades

El Nylon hasta hace muy poco tiempo considerado el "rey de los plásticos" sin discusión, es un termoplástico que pertenece a los polímeros de Ingeniería debido a que presenta características tales como buena capacidad de carga a temperaturas elevadas, buena resistencia química además de un excelente balance de propiedades mecánicas en su conjunto. Esto permite que el Nylon sustituya exitosamente a metales y otros materiales con un importante ahorro en costos, peso y mantenimiento.

El material que en el mercado lo encontramos en brillantes pellets usualmente, tiene dos estructuras: Nylon cristalino (opaco) y Nylon amorfo (transparente).

Estos materiales teóricamente (puesto que algunos son sumamente escasos) se encuentran disponibles en tipos que se designan así:

Nylon 6/6 o 6.6
 Nylon 6/9, Nylon 6/10, Nylon 6/11
 Nylon 6/12
 Nylon 6

La nomenclatura corresponde a la cantidad de átomos de carbono entre dos átomos de Hidrógeno o entre dos grupos "amida". Todos estos tipos de resinas proceden de materias primas relacionadas pero diferentes y como arriba mencionamos sólo algunas muestran disposición permanente en el mercado. Así el Nylon 6 y el Nylon 6.6 son los materiales convencionales en la Industria, dejando los otros tipos para las mezclas y preparación de resinas fabricadas sobre pedido.

Razones importantes para su uso

Nylon 6 y Nylon 6/6
 Buena resistencia a la tracción y a la fatiga
 Buena resistencia a la abrasión y al desgaste
 Alta dureza y resiliencia
 Buena resistencia química

Nylon 10
 Mejor rigidez y dureza que los tipos 6 y 6.6

Nylon 8, 11 y 12
 Gran resistencia al impacto
 Baja absorción de agua comparada con otros tipos de Nylon

Notables limitaciones

Nylon 6 y 6/6
 a).- Altamente Hidrofilicos (grandes porcentajes de absorción de agua)
 b).- Baja resistencia al impacto en ambientes excesivamente secos

Nylon 10
 a).- Baja respuesta en esfuerzos a la tensión
 b).- Alto costo

Nylon 8, 11 y 12
 a).- Altísimo costo

4.- Propiedades

Aunque distinguimos diferencias entre los tipos de Nylon disponibles, encontraremos sustanciales similitudes que caracterizan a estos plásticos y que son:

Mecánicas

Todos los Nylons son materiales con una alta rigidez y dureza que presentan gran capacidad para soportar cargas dinámicas.

Muestran gran resistencia al impacto, a la abrasión y al desgaste.

Sus respuestas a la fatiga son excelentes.

Las bondades de estos materiales los hace ideales para un sinnúmero de aplicaciones, principalmente aquellas con exigencias mecánicas de mediano y alto esfuerzo.

Químicas

Su resistencia a aceites, gasolinas y productos grasos ha hecho de los nylons uno de los plásticos de Ingeniería más usado en la Industria Automotriz.

Los plásticos polímidas (nylons) son atacados por los ácidos fuertes pero resisten el ataque de ácidos suaves, álcalis y solventes domésticos.

En mayor o menor medida los nylons absorben agua y la cantidad de absorbida depende en específico del tipo de nylon usado por aplicación esto plantea serios problemas para el diseñador y para el transformador lo que debe considerarse desde las etapas iniciales del proyecto. El nylon al absorber agua pierde dureza y tenacidad.

Térmicas

Las temperaturas máximas de uso para los diferentes tipos de nylon homopolímero con formulaciones comerciales se encuentran entre 82 y 120°C resistencia que se puede incrementar hasta llegar a los 150°C mediante la adición de cargas.

Todos los tipos de nylon pueden soportar exposiciones cortas a altas temperaturas sin sufrir detrimento en sus propiedades originales.

Estabilidad dimensional

La alta absorción de agua y humedad puede modificar las dimensiones de la pieza formada; es importante determinar de la manera más verás este porcentaje de crecimiento o contracción y las condiciones en la que se da.

Eléctricas

Aunque las propiedades eléctricas y de aislamiento del nylon no son tan buenas como otros materiales como el polietileno, son satisfactorias para usarse bajo cargas ordinarias. La prueba está en la enorme cantidad de aplicaciones del nylon en los campos eléctricos y electrónicos.

Flamabilidad

En las poliamidas esta característica es en la mayoría de los casos satisfactoria ya que son autoextinguibles, y sólo con copolímeros pueden arder en todo caso arder lentamente.

Intemperismo

Los nylons se vuelven frágiles ante la exposición prolongada ante los factores es del medio ambiente, en especial a los rayos solares por lo cual se disponen en el mercado de una amplia variedad de formulaciones para disminuir sus efectos.

Coloración

Son materiales compatibles con gran cantidad de pigmentos y colorantes.

Es importante agregar que el nylon es aceptado por la normalización internacional para estar en contacto con alimentos y para darse aplicaciones en usos médicos ya que es biológicamente inerte.

Grado y aplicaciones de Nylon

Se da una gran cantidad de variedades comerciales de este material las que podemos agrupar así:

Homopolímeros

Comprende a las resinas que no han sido modificadas y que se ofrecen en una gran cantidad de nombres comerciales y presentaciones.

Copolímeros

Son normalmente grados modificados para mejorar la resistencia al impacto.

Reforzados

Se encuentran en el mercado con mezclas de diferentes cargas minerales, y/o fibra de vidrio, lo que mejora de un modo importante sus propiedades mecánicas y resistencia al medio ambiente.

Para moldeo rotacional o Rotomoldeo

Son resinas especialmente formuladas para soportar ciclos muy largos de proceso lo que es característico de esta técnica

Para Metalizado

De amplia aplicación en la Industria Automotriz, estas resinas están formuladas con cargas minerales que favorecen los procesos de cromado bronceado y otros similares.

5.- Procesos de Transformación

El nylon puede ser procesado por las técnicas convencionales para termoplásticos aunque predomina el moldeo por Inyección y lo acompañan en menor medida la Extrusión y la Extrusión-Soplo.

La clave para la obtención exitosa de productos de Nylon está en el carácter hidrófilico del material ya que si es procesado con mayor humedad a la recomendada, se tendrá un detrimento de las propiedades originales del material o bien el producto se puede tomar quebradizo.

Para ello es práctica común en la Industria someter a la resina a un proceso previo de dehumidificación, secándola en hornos para este fin, este debe de realizarse es estricto apego a las recomendaciones del proveedor de la resina ya que un calentamiento excesivo puede también dañar las propiedades originales del material.

Maquinado y procesos de acabado

El nylon puede ser maquinado eficientemente con herramientas sencillas de metal mecánica, puede ser cortado, torneado, perforado, canteado y demás.

Acepta gran cantidad de acabados como impresión, pintado, barnizado, cromado y metalizado al vacío.

El nylon se puede unir a otros plásticos o a otros materiales por medio de adhesivos o bien por técnicas de soldadura convencionales.

6.- Producción y Consumo

Las Poliamidas ocupan un lugar preponderante entre los plásticos de Ingeniería a la vez que siguen ganando lugares antes reservados solamente para los metales como el aluminio, el bronce y el zinc, sustituyéndolos con excelentes resultados en su funcionamiento y costos.

Se espera que este material continúe su tendencia al crecimiento que ha mantenido año tras año, en particular las resinas nylon 6.6 y las especialidades con cargas.

Actualmente tres empresas producen una gran parte de la demanda del país dejando a las importaciones sólo un pequeño sector del mercado.

Las Empresas productoras mencionadas arriba son:

Celanese Mexicana, S.A.

Fibras Química, S.A.

Plásticos Edomex, S.A.

Los sectores en los que se dividió el consumo fueron los siguientes:

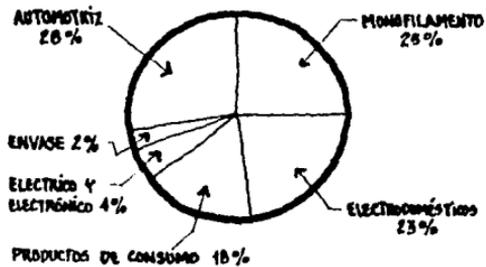


Figura 62. Segmentación del Mercado del Nylon en México

8.- Policarbonato

1.- Aplicaciones

-Artículos Domésticos

Biberones
 Encendedores para fumadores. Desechables
 Molinos de café, carcazas de cafeteras
 Mangos para cubiertos y utensilios de cocina
 Rayadores de queso
 Vajillas
 Carcazas para herramientas de mano

- Partes Eléctricas y electrónicas

Carcazas de Máquinas de oficina
 Piezas mecánicas de aparatos de oficina
 Interruptores y diodos luminosos
 Partes de Instrumentos usados en medicina
 Micas y cuerpos de lámparas

- Industria Automotriz

Cuerpos para soporte de micas
 Difusores de ventilación y/o calefacción
 Brazos de limpiadores
 Propelas

-Ópticas

Gafas para sol
 Lentes y armazones
 Puertas de Proyectores, carruseles para diapositivas
 Cuerpos para celdas solares

- Contenedores

Biberones
 Cantimploras y botellones de agua

-Elementos de seguridad

Cascos y micas para casco
 "Vidrio" antibala
 Escudos paramilitares

2.- Abreviatura

(PC) Resinas de Policarbonato

3.- Generalidades

Este termoplástico amorfo, brillante y transparente que usualmente se presenta para su transformación en granulados cilíndricos (pellet).

En un plástico de Ingeniería de gran éxito en los últimos años, la razón más importante de esto de esto es su excelente combinación de propiedades lo que genera productos confiables y ensamblable.

Razones Importantes para su uso.

Buena combinación de propiedades mecánicas considerando sus aplicaciones vívales
 Buena estabilidad dimensional

Excelente dureza
 Gran transparencia
 Buen comportamiento a altas temperaturas durante largos períodos de tiempo.

Notables limitaciones

Se raya fácilmente
 Resistencia muy limitada a solventes

4.- Propiedades

Mecánicas

Los policarbonatos muy tenaces y duros, además de que su resistencia a la tensión y a la compresión con cargas constante son excelentes si la comparamos con su peso.

Tiene una alta resistencia al impacto y a la fatiga ya que cumple satisfactoriamente con las Normas, antes de que en las pruebas se produzca la fractura.

Se ofrecen en el mercado policarbonatos que en formulaciones especiales resisten enormes impactos como balas de gran calibre y perdigones de escopetas.

Químicas

Estos materiales sin combinar ofrecen una resistencia química precaria ya que resulta atacado en orden ascendente por ácido fuertes, álcalis y en gran medida por los solventes orgánicos como hidrocarburos aromáticos.

Presentan un comportamiento estable ante alcoholes y amoníaco. Para subsanar su debilidad ante ataques químicos el policarbonato es copolimerizando a manera de producir materiales más resistentes. No obstante puede estar en contacto por largos períodos de blanqueadores y soluciones jabonosas, jugos de frutas y bebidas alcohólicas, grasas animales y vegetales además de otros alimentos.

Térmicas

Las propiedades térmicas de los policarbonatos son muy apreciados ya que su temperatura máxima de uso se acerca a los 140°C característica que supera al Nylon y los Poliacetales. A bajas temperaturas sus propiedades se mantienen constantes y no se vuelven quebradizos hasta los -100°C aproximadamente.

Es importante señalar que todos estos datos corresponden a resinas sin combinar por lo cual ante su formulación con cargas, estas temperaturas son modificadas.

Estabilidad Dimensional

La estabilidad del policarbonato es muy buena ya que registra una amplia gama de esfuerzos sin resultar afectado.

El cambio de magnitudes por absorción de agua (el Policarbonato es un plástico hidrofílico) resultan insignificantes ya que presenta porcentajes de absorción inclusive menores al 0.5%, por lo que cualquier cambio de dimensiones pueden ser atribuibles a la naturaleza de la resina o la formulación comercial se esta usando.

Eléctricas

Los materiales presentan buenas propiedades eléctricas de aislamiento en especial, por lo que su aplicación en este campo se ha dado rápida y masivamente.

Flamabilidad

El policarbonato como material puro es autoextinguible; para copolímeros con ABS arden lentamente.

Intemperismo

Ha demostrado una gran estabilidad ante largos períodos exposición a factores del ambiente en especial a los rayos del sol (UV) por lo cual su aplicación en la Industria de la Construcción y en la Automotriz crece constantemente.

Coloración

Aunque una parte interesante de policarbonatos se procesa sin modificar su transparencia (la que es por sí misma un atractivo del material) este acepta casi todo tipo de coloraciones, mismas que se conservan inalterables aún en condiciones críticas por largos períodos de tiempo.

Ópticas

El material presenta una característica alta transparencia y falta de coloración, mismas que se pueden modificar para obtener una transparencia mayor. Para conservar esta propiedad es necesaria la utilización de aditivos que impiden el amarillamiento del material después de prolongadas exposiciones a los rayos del sol.

Normalización

La principal agencia de normalización de alimentos en los Estados Unidos la F.D.A. aprueba la aplicación de diferentes grados de policarbonato para estar por largos períodos de tiempo en contacto con los alimentos por medio de aplicaciones como contenedores para hornos de microondas, procesadores de alimentos, botellas y garrafrones, etcétera.

Grados Especiales y Copolímeros de Policarbonato

Se encuentran en el mercado tipos especiales de policarbonato para los procesos de moldeo por soplado y extrusión, mismos que favorecen el funcionamiento de la maquinaria.

También hay disponibles resinas especiales para usos muy específicos y aquellos reforzados con fibra de vidrio o cargas minerales.

Los hay combinados con otros plásticos entre ellos el más popular es el que se prepara en copolimerización con ABS, que presenta un buen balance de propiedades físicas, resistencia térmica y rigidez. Se aplican donde se requieren buenas propiedades a temperaturas menores a -40°C como son aplicaciones aeronáuticas y automotrices.

5.- Procesos de Transformación

Para el trabajo de los Policarbonatos es posible usar todas las técnicas convencionales para termoplásticos, de entre los que destacan por su continua aplicación en la Industria:

- Moldeo por Inyección
- Extrusión de placas y perfiles
- Extrusión - Soplo de envases en especial de tamaño chico
- Moldeo de Espumados
- Moldeo por Inyección-Soplo

A muy limitada escala se usa el rotomoldeo y el formado al vacío de placas.

Todos ellos requieren de una estación de presecado para la extracción del exceso de humedad presente en el material.

-Maquinado y Acabados

Se puede maquinar con cierto grado de facilidad y con herramienta común de metal-mecánico.

Para la realización de decorados impresos o adheridos al material el diseñador debe ser sumamente cauteloso ya que debido a la baja resistencia química de los policarbonatos se puede dañar con facilidad la presentación del producto.

Impresos serigráficos y estampado en caliente requieren de un proceso de secado posterior en horno.

6.- Producción y Consumo

En nuestro país no hay fabricación de policarbonato por lo cual la demanda se satisface enteramente con importaciones. Ya en México la resina pura es formulada y así ofrecer diferentes grados al mercado.

Los volúmenes de consumo de los policarbonatos en la Industria Nacional son aún muy pequeños y con grandes altibajos por lo cual no se plantea por parte de los fabricantes producir esta resina en México a corto plazo.

A nivel doméstico se comercializan dos marcas "LEXAN" (General Electric) y "MAKROLON" (Bayer) con el 80 y 20% aproximadamente del mercado.

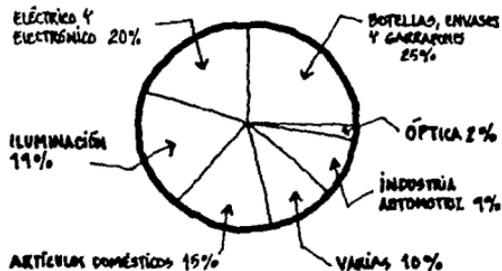


Figura 63. Segmentación del Mercado de la resina de Policarbonato en México.

9.- *Poliéster Termoplástico. PBT*

1.- Aplicaciones

-Aparatos domésticos

Carcasas de planchas, procesadores de alimentos y picadoras

Rotores de extractores de jugos

-Industria Automotriz

Partes de carburados y sistema de inyección

Rotores de distribuidor

Válvulas para control de combustible y dispositivos anticontaminantes

-Industria Eléctrica y Electrónica

Conectores y apagadores

Partes para el manejo de altos voltajes

Terminales y carcasas para aparatos de medición eléctrica

-Industria en General

Carcasas para bombas de agua y de motores de herramientas

Válvulas para usos diversos

Partes de rodamientos

2.- Abreviatura

(PBT) Polibutilentereftalato o Politetrametileno tereftalato

3.- Generalidades

El PBT junto con el PET forman la familia de los Poliésteres Termoplásticos.

Las resinas PBT son resinas de Ingeniería que en forma aún modesta pero constante ha ganado terreno a plásticos más conocidos. Tal es el caso de las resinas fenólicas en aplicaciones de índole eléctrica donde gracias a sus propiedades iguala e incluso supera a estos termofijos.

Razones Importantes para su uso

Buena resistencia a la fatiga y a la fricción

Buena resistencia química

Excelentes propiedades eléctricas

Gran estabilidad dimensional

Versatilidad en su moldeo

Buena resistencia al calor

Notables Limitaciones del Material

Costo moderadamente alto

4.- Propiedades

Mecánicas

Su resistencia a la fricción resulta excelente tanto en altas como en bajas temperaturas.

Es un material de gran dureza

Su comportamiento ante esfuerzos de tensión es satisfactorio lo mismo que ante pruebas de resistencia al impacto, aunque no llega a superar en estas características al PET.

Químicas

Debido principalmente a su estructura molecular cristalina el PBT resiste con facilidad al agua, ácidos y álcalis débiles, grasas detergentes, hidrocarburos así como a solventes orgánicos y bases débiles.

Su comportamiento es satisfactorio a ataques químicos no solo se da a temperatura ambiente sino en condiciones críticas (60 - 70°C) ha demostrado una aceptable conducta por largos períodos de tiempo.

Térmicas

El PBT ofrece buena retención de propiedades a temperaturas hasta un rango entre 125 y 140°C. Este se puede incrementar al reforzar la resina.

El PBT es un buen conductor al calor

Estabilidad dimensional

Esta es ampliamente satisfactoria en el PBT y llega incluso a compararse con competidores termofijos como la Bakelita.

Eléctricas

Este material ofrece buenas propiedades eléctricas de aislamiento sin retención de cargas estáticas. Además conserva estas con razonable independencia de condiciones de temperatura y humedad lo cual le ha dado un éxito creciente en campos relacionados.

Fiamabilidad

Para resinas puras de PBT, ellas arden lentamente y cuando reforzadas con fibra de vidrio son autoextinguibles.

Intemperismo

Aunque no es un material usualmente usado en exteriores, resiste los factores del ambiente satisfactoriamente por largos períodos de tiempo.

Grados Especiales de PBT

Además de la resina pura, se encuentran en el mercado otros tipos de PBT como son las reforzadas con fibra de vidrio. Estos compuestos ofrecen una mejor lista de cualidades principalmente mecánicas comparadas con las de la resina sin modificar.

También se ofrecen en el mercado grados mejorados en resistencia al impacto, resistencia química, apariencia y tacto.

5.- Transformación

Las técnicas normalmente usadas para procesar resinas de PBT son inyección y extrusión. Ambas con equipos convencionales para termoplásticos.

Para asegurar fabricación de piezas, películas y filamentos de PBT es necesario un estricto control de extracción de humedad por medio de hornos dehumidificadores.

Este producto para su acabado y ensamble acepta ser maquinado con herramientas sencillas de metal mecánica, así como también las técnicas convencionales de soldadura y aplicación de adhesivos.

6.- Producción y Consumo

Su aparición en México es muy reciente. No hay producción de PBT en nuestro país por lo cual toda la resina procesada es de importación.

El volumen de la resina transformada en la industria es en comparación a otros plásticos muy pequeños y se destinó a las aplicaciones de Ingeniería en empresas maquiladoras.

10.- Poliéster termoplástico PET.

1.- Aplicaciones

Botellas para refrescos y bebidas alcohólicas
 Tarros y contenedores para todo tipo de alimentos
 Frascos para medicamentos
 Cajas para cosméticos
 Películas de uso fotográfico y radiografías
 Fibras para uso textil
 Fibras para rellenos
 Papel transparente para dibujo

2.- Abreviatura

(PET) Polietilenterefalato

3.- Generalidades

El material ha tenido un espectacular ascenso en el mundo de los plásticos, principalmente por su uso en llamativos diseños para envases de bebidas gaseosas carbonatadas.

Aunque sus inicios se dieron en el área de materiales textiles han extendido sus aplicaciones en productos como películas de gran transparencia para usos los cuales algunos ya se mencionaron.

Razones importantes para su uso

Buena resistencia a la fricción y a la fatiga
 Buena resistencia química
 Gran transparencia
 Buenas propiedades Eléctricas
 Excelente estabilidad dimensional
 Buena resistencia al calor
 Excelentes propiedades de retención de gases (propiedades de Barrera)

Notables limitaciones

Presenta incompatibilidad con el equipo de transformación convencional
 Además de transparente sólo esta disponible en colores verde y ámbar

4.- Propiedades

Se refiere siempre a resinas sin esfuerzo alguno

Mecánicas

El Polietilenterefalato (PBT) es un material duro con magníficas conductas a la flexión y al impacto, es un material elástico ya que recupera su forma original fácilmente después de ser sometido a esfuerzos limitados.

Ofrece una gran ligereza y transparencia comparable con la del vidrio.

Sus características de deslizamiento son sobresalientes.

Este material puede ser "orientado" durante su transformación lo cual mejora sus propiedades mecánicas comportamiento que conservan inclusive a bajas temperaturas.

Químicas

Su resistencia a ataques de químicos es alta ya que es muy estable ante ácidos y álcalis suaves así como a solventes orgánicos.

No resulta dañado por grasas y aceites aunque si levemente, por hidrocarburos y ácidos fuertes.

Térmicas

La temperatura máxima de uso de este material se ubica alrededor de los 80°C, la cual puede elevarse significativamente con formulaciones especiales.

El PET es un buen material conductor de la temperatura, característica apreciada especialmente por las empresas refresqueras ya que resulta más rápido y económico enfriar una botella fabricada en plástico que una de vidrio.

Estabilidad Dimensional

Esta propiedad en el PET es excelente y su absorción de humedad resulta muy baja con porcentajes de alrededor de 0.4%.

Eléctricas

Tiene este material magníficas propiedades dieléctricas por lo cual inclusive puede ser usado como un plástico aislante para baja tensión.

No tiende a tener cargas estáticas.

Flamabilidad

Arde lentamente con cargas minerales, resulta autoextinguible.

Intemperismo

Si bien no son materiales para usos de exteriores resisten satisfactoriamente los factores del ambiente ya que muestran amarillamiento sólo después de largos períodos de exposición.

Coloración

Sólo con ser coloreado en verde botella y ámbar aunque su transparencia es uno de los principales atractivos del material.

Normalización

Está aprobado por normas internacionales para estar en contacto con alimentos.

Propiedades de Barrera

Muestra excelentes capacidades para impedir entrada o salida de gases y vapor de agua lo que coopera a mantener los productos envasados en estos materiales en buen estado por mayores períodos de tiempo y a menor costo que otras soluciones de envase de plástico.

Grados especiales de PET

Sólo recientemente se ofrecen en el mercado resinas PET compuestas con cargas, en especial con fibra de vidrio las que ofrecen propiedades mecánicas mejoradas aunque las eléctricas por efectos de las cargas resultan de menor efectividad que en la resina pura.

También resinas con retardantes a la flama existen dentro de los materiales PET disponibles.

5.- Transformación**- Producción de Película**

El proceso aquí usado es extrusión de dado plano. Parte importantísima de esta técnica es la del secado el cual debe ser muy riguroso ya que de no retirar en forma adecuada la humedad del material se refleja en problemas de pegajosidad de la máquina extrusora.

- Producción de cuerpos huecos

Se aplica la técnica de inyección-soplo con preforma y de inyección-soplo directo. Como en el proceso de extrusión la dehumidificación resulta de gran importancia y para conservar inalterada la transparencia del material durante el proceso los controles de enfriamiento de la pieza son cuidadosamente vigilados.

- Piezas formadas con PET reforzado

Se requiere de equipo convencional de inyección y aunque los requerimientos de humedad son menos riesgosos que para la resina pura, también se necesita de un control preciso de las temperaturas del proceso.

6.- Producción y Consumo

La resina PET para fabricar envase para el consumo nacional se fabrica totalmente en México y de esta producción más del 75% se destina a la exportación.

Se prevee un importante aumento en el consumo de esta resina para un futuro próximo, debido a una incesante producción de envases de este material en particular los de bebidas envasadas que absorbieron toda la producción del mismo.

El consumo prácticamente se destinó en su totalidad (99.75%) a la fabricación de envases.

11.- Estireno y Plásticos relacionados a los Polímeros de Estireno

1.- Aplicaciones

-Industria Automotriz

Partes de tablero

Teclas, perillas, manijas

Domos y calaveras

Aplicaciones decorativas para carrocería

-Industrias Eléctrica, Electrónica y de los Electrodomésticos

Carcasas para todo tipo de aparatos electrónicos

Capelos para tornamesa

Carcasas para herramientas de mano

Cajas y cuerpos de cassettes

Partes interiores para refrigerador

Carcasas y partes de teléfonos

- Artículos Domésticos

Platos, vasos y cubetas desechables

Imitaciones de artículos de vidrio

Molduras y decoración de muebles

- Envases y Embalaje

Botellas, tapas y tapones

Cajas transparentes y opacas

Empaques de autoventa en tienda departamental

Espumas para empaque

Charolas de pastelería y de galletería

- Fotografía

Carcasas para cámaras y proyectores

Carretes de película

Carcasas para sistemas de flash

- Artículos de oficina

Plumas y artículos de escritura

Artículos de trazo para dibujo técnico

2.- Abreviaturas

(PS) Poliestireno de uso general

(EPS) Poliestireno expansible

(MIPS) Poliestireno de medio impacto

(HIPS) Poliestirenos alto impacto

(SAN) Estirenos Acrilonitrilo

(ABS) Acrilo nitrilo butadieno estireno

() Estireno Butadieno, Resina K

3.- Generalidades

Es de gran importancia este material en la Industria Mundial de los plásticos ya que por su consumo ocupa el tercer lugar después de los policlilenos y el PVC. Gracias a su buen balance de propiedades, facilidad para procesado y versatilidad en aplicaciones espera de esta familia de resinas una cada vez más vigorosa participación en el área.

Los productos que conforman a la familia de las resinas de poliestireno son las siguientes:

Como Homopolímero	Poliestireno de uso general Poliestireno expandible
Copolímeros con Butadieno	Poliestireno medio impacto Poliestireno alto impacto Resina K
Copolímeros con Acrilonitrilo	SAN, Estireno acrilonitrilo
Terpolímeros	ABS, Acrilo nitrilo Butadieno Estireno

Principales razones para su uso

Buena dureza y rigidez

Gran versatilidad de aplicaciones

Excelente disposición para su transformación

Buenas propiedades dieléctricas

Bajo costo comparado con otras resinas

Se ofrecen en el mercado grados que cumplen con una amplia de posibilidades de aplicación.

Limitaciones Notables

Como resina sin formulación especial presenta una resistencia relativamente baja a los rayos solares.

Como resina de usos generales resulta atacado por una gran variedad de sustancias de uso común. Relativamente frágil para algunas aplicaciones.

4.- Propiedades

Como otras resinas que ya hemos revisado, las propiedades que abajo aparecen corresponden a materiales de uso común y se ven modificadas con las formulaciones especiales de cada tipo de poliestireno.

Mecánicas

La resina de poliestireno se muestra como un material rígido y más pesado que otros materiales de amplia utilización como el polietileno.

Ante ácidos fuertes y en períodos cortos de contacto su comportamiento es medianamente estable. Su respuesta es aceptable ante sustancias bases fuertes.

Químicas

Es un material que fácilmente resulta atacado por una gran cantidad de sustancias químicas de uso común en especial por solventes.

Ante ácidos fuertes y en períodos cortos de contacto su comportamiento es medianamente estable. Su respuesta es aceptable ante sustancias bases fuertes.

Térmicas

La temperatura máxima de uso del poliestireno oscila entre los 66 y 77°C esta puede ser elevada hasta los 95°C con formulaciones adicionadas con fibra de vidrio.

Su capacidad para transmitir el calor es muy baja, las que podemos comparar con materiales como el polipropileno. Esta propiedad junto con otras hace del poliestireno un plástico atractivo para la fabricación de carcasas de aparatos eléctricos donde la generación de calor requiere de un aislante de bajo costo.

Estabilidad dimensional

En estos materiales a temperatura ambiente muestran una gran estabilidad dimensional, a los que coopera el bajísimo porcentaje de absorción de agua cuando la pieza ha endurecido.

Eléctricas

Las propiedades eléctricas del poliestireno son excelentes ya que es un buen aislante y no tiende a retener cargas por lo cual no produce chispas ni otro tipo de disturbios en el producto. Prueba de estas bondades del material es la gran aplicación que tiene en la Industria Eléctrica y Electrónica.

Flamabilidad

El poliestireno arde relativamente fácil por lo que es práctica común formularlos con agentes retardantes de flama, que por otra trae aparejado una disminución en su resistencia a los rayos solares y aumento en el peso del material.

Intemperismo

Se resultan afectados principalmente por los rayos solares que se muestra al inicio de la degradación, con una tenue decoloración o amarillamiento, y que finalmente conduce a una baja significativa en sus propiedades mecánicas al volverse quebradizo.

Coloración

Excelente en su compatibilidad con pigmentos y colorantes.

Grados especiales del poliestireno

Poliestireno alto y bajo impacto

Se les conoce a estos plásticos también con el nombre de "Estirenos modificados con hule" y en el mercado se ofrecen en una plúsimá gama de variedades. El hule es agragado al estireno con el fin de aumentar su flexibilidad además de que este compuesto presenta la mayoría de las ventajas de la resina de uso general, como son la rigidez, facilidad en su transformación y regular abastio en su disposición.

Una desventaja de los estirenos modificados con hule es su significativa pérdida de transparencia ya que en el mejor de los casos con él se obtienen productos traslúcidos.

Poliestirenos estabilizados

Son poliestirenos formulados con agentes de absorción de rayos ultravioleta y antioxidantes. Su principal función es retardar los efectos de los rayos del sol.

Poliestirenos con retardantes de la flama

La principal desventaja que representan estas formulaciones comerciales es una muy pobre resistencia a los rayos solares, por lo que es usual que con estos materiales se produzcan piezas oscuras o negras, o bien que se les de un acabado después de formadas.

Poliestirenos Antiestáticos

Son formulaciones logradas con aditivos que impiden que los productos con ellos fabricados, recolecten o se adhieran de polvo y pelusas del ambiente que es de gran importancia para sus aplicaciones en aparatos eléctricos o electrónicos.

Copolímero Estireno - Butadieno, Resina K

La "Resina K" es el nombre comercial del copolímero Butadieno-Estireno el cual ha tomado gran importancia en el sector de embalaje y de usos médicos.

Este material muestra una gran transparencia y buenas propiedades de resistencia al impacto por lo cual se aplica en envases formados al vacío para todo tipo de productos, en especial alimentos no grasos ya que cuenta con la aprobación de Normas Internacionales.

El Copolímero-Butadieno - Estireno muestra gran compatibilidad con homopolímeros como el mismo poliestireno, el copolímero y el policarbonato, lo que permite realizar mezclas con excelentes resultados en cuanto a su balance de propiedades y presentación. Ejemplos son las resinas de aplicaciones médicas, basadas en estos productos y esterilizadas por radiación se usan en variados objetos en los que se requiere buena resistencia al impacto y claridad o transparencia, como es en contenedores y válvulas para el manejo de sangre y plasma.

Copolímero Estireno Acrilonitrilo. SAN

Este copolímero presenta la transparencia y el brillo del poliestireno con mayor resistencia química, térmica y en general propiedades mecánicas mejoradas.

Los copolímeros SAN son compuestos termoplásticos rígidos, duros y transparentes que se procesan con facilidad y que genera productos cristalinos de gran presentación y duración.

Estos plásticos son también formulados con agentes estabilizadores de rayos ultravioletas y así prevenir la degradación por los factores del ambiente. Para mejorar las propiedades mecánicas de estos plásticos se utilizan formulaciones con fibra de vidrio lo que aumenta su resistencia a los esfuerzos a la tensión y a la flexión. Además estas cargas aumentan sustancialmente la temperatura máxima de uso a un rango entre 93 y 107°C, comparada con las que ofrece el poliestireno y el mismo SAN sin carga que se sitúan entre 51 y 90°C.

Las resinas SAN ofrecen resistencias químicas sobresalientes a sustancias como ácidos álcals, detergentes, hidrocarburos. Aunque son atacados severamente por hidrocarburos aromáticos, ésteres y acetona.

Todas estas propiedades hacen que encontremos a los materiales en una amplia gama de aplicaciones como son cajas para baterías, recipientes de licuadoras, cajas de cosméticos, jeringas y dispositivos de uso quirúrgico y para el manejo de sangre.

Poliestireno expansible (EPS)

Conocido popularmente como "Hielo seco" o "Espuma de Poliestireno" es una más de las aportaciones importantes del poliestireno a las Industrias de la transformación de plásticos y de la construcción.

Los poliestirenos son fáciles de espumar mediante técnicas químicas o físicas, por medio de el uso de agentes químicos o bien por el manejo de altas presiones. De esta manera también se generan partes estructuradas de manera "celular" (Pequeñísimas burbujas que producen un material más o menos compacto) de amplio uso en embalajes, aislantes térmicos y material de acollinamiento o relleno.

El poliestireno expansible se produce de dos formas;

1.- En Bloques

Para un sinnúmero de aplicaciones que requieren de un trabajo de Post-formado

2.- Como cuerpos moldeados

Son piezas que usualmente no requieren de ninguna modificación posterior a su salida de la máquina.

El procesamiento del poliestireno celular expansible se realiza en cuatro etapas:

a).- Formulación

Al poliestireno según las características del lote a producir se le agregan agentes de espumado en forma de gránulos.

b).- Preexpansión

Mediante aumentos moderados de temperatura se logra generar "perlas" o "canicas" de pequeño tamaño.

c).- Acondicionamiento

Las perlas preexpandidas se dejan enfriar lo que permite que el aire entre en ellas.

d).- Moldeo

Los moldes de bloques o de formas especiales se llenan con perlas preexpandidas y acondicionadas.

se cierran los moldes y se aumenta su temperatura interior por medio de vapor. Esto obliga a las perlas a terminar su expansión adoptando la forma de los moldes.

(Ver capítulo XIII apartado 3.6 "Moldes de poliestireno expansible")

Los poliestirenos expansibles tiene una gran variedad de aplicaciones como es en la construcción como aislantes térmicos y acústicos, aligerantes de lozas, plafones y otros.

Como aislantes de refrigeración y en embalaje como protección de objetos frágiles ya que absorbe los impactos del manejo, a la vez que minimiza los cambios bruscos de temperaturas dentro del empaque.

5.- Procesos de Transformación para el Poliestireno

La familia de los Polímeros de Estireno "cristal" (sin modificar) y grado impacto son materiales fácilmente procesables, aprovechando prácticamente todas las técnicas disponibles para termoplásticos. Los grados especiales y los copolímeros de estireno con algunos cambios en las condiciones del proceso también son fácilmente transformables.

Estos plásticos se surten en forma de gránulos o pellets.

Maquinado y Procesos de Postformado

Por sus características mecánicas y costo, el poliestireno no es un material adecuado para aplicarle operaciones de post-formado y en especial de maquinado aunque fácilmente acepta ser impreso por medios convencionales como serigrafía y estampado en caliente. Se ofrecen en el mercado grados especiales para cromado y dorado.

Para operaciones de ensamble se aplican a la familia de los poliestirenos las técnicas usuales de soldadura como ultrasonido, térmico y rotacional; así como también las de adhesivos y sistemas de sujeción mecánica.

6.- Producción y Consumo

En México se producen plásticos de estireno a través de empresas entre las que sobresalen por muchos gracias a sus volúmenes de producción Industrias Resistol S.A. y Poliestireno y Derivados S.A. las cuales satisfacen plenamente el mercado nacional.

Los principales mercados de poliestireno se dividieron así:

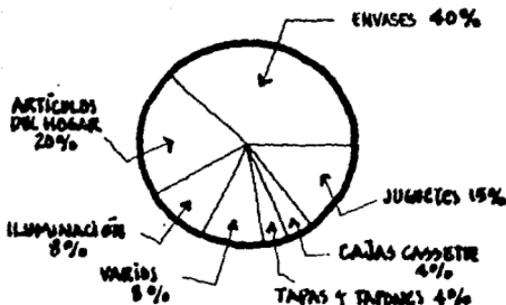


Figura 64. Segmentación del mercado del Poliestireno cristal, bajo, medio y alto impacto en México.

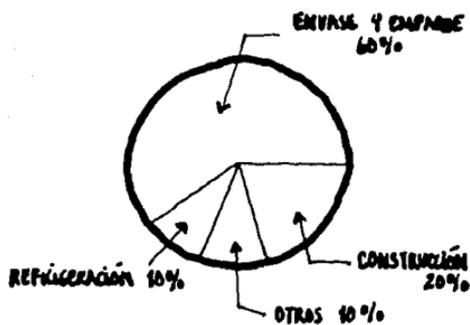


Figura 65. Segmentación del mercado del Poliestireno expandido en México.

12.- Polietileno

1.- Aplicaciones

- Polietileno Baja Densidad

Películas para todo tipo de empaque, bolsas económicas de supermercado, películas de uso agrícola y de la construcción, envases y botellas de corta vida en aparador (leche por ejemplo), envases para cosméticos, productos medicinales y solventes.

Juguetes económicos, ductería para instalaciones eléctricas, mangueras y perfiles, placas y tablas.

- Polietileno Alta Densidad

Películas para la fabricación de empaques y bolsas donde se requiere de mayor rigidez y duración que las del polietileno de baja densidad, envases y botellas, juguetes, herrajes para muebles, tinacos y cuerpos huecos de grandes dimensiones, tubería y manguera de uso industrial, cobertura de placas y tablas.

- Polietileno lineal (Baja densidad)

Película para empaque y bolsas de excelentes propiedades mecánicas, cobertura de cables telefónicos, tuberías para la conducción de sustancias corrosivas y petróleo crudo, juguetes y contenedores.

- Polietileno de alto peso molecular

Películas de sobresalientes propiedades a la punzura y al rasgado, tubería a presión, grandes piezas soportadas, placas multiuso.

- Polietileno de Ultra alto peso molecular.

Carcasas, partes mecánicas como engranes, bujes, propelas, tornillos especiales y herrajes sofisticados.

2.- Abreviaturas

(LDPE) Polietileno de baja densidad

(LLDPE) Polietileno lineal de baja densidad

(HDPE) Polietileno de alta densidad

(HMW-HDPE) Polietileno de alto peso molecular

(UHMWPE) Polietileno de ultra alto peso molecular

3.- Generalidades

El polietileno es el plástico de mayor consumo en México y en el mundo lo que se debe principalmente a su gran disponibilidad en los mercados bajo costo, sus propiedades mecánicas y resistencia química.

Dependiendo de la Tecnología empleada se pueden obtener dos principales tipos de Polietileno; el de baja densidad y el de alta densidad, a los cuales habría que agregar otros tipos relacionados pero de mucho menor consumo.

Los polietilenos se clasifican en base a la densidad que cada uno de los tipos de este material y que son:

Tipo Densidad (gramos/cm³)

Polietileno de Baja Densidad .910 - .940

Polietileno lineal de Baja Densidad .918 - .935

Polietileno de Alta Densidad .941 - .960

Polietileno de Alto peso Molecular y alta Densidad .947 - .955

Polietileno de Ultra alto peso Molecular .940

Algunos de ellos (los últimos tres) son materiales nuevos que abren una veta de aplicaciones novedosas sobre todo en empaques y en la sustitución de piezas mecánicas por mencionar algunas de esos campos.

Razones importantes para su uso

(nota. En adelante las explicaciones girarán en torno a los grados de alta y baja densidad, por lo cual particularidades de los otros tipos se señalan al terminar la revisión de propiedades generales.)

Poliétileno de Baja Densidad

Notable Resistencia Química

Muy bajo peso

Flexible y muy resistente a la fatiga

Buenas propiedades dieléctricas

Fácil de ser procesado

Aprobado por las principales normas para estar en contacto con alimentos

Bajo costo

Poliétileno de alta densidad

Alta rigidez y buena dureza

Excelente resistencia química

Excelentes propiedades eléctricas

Fácil de procesar

Bajo peso

Bajo precio comparado con otras resinas que ofrecen características similares.

Notables limitaciones**Poliétileno de baja densidad**

Gran resistencia a esfuerzos en tensión

Gran dificultad para su impresión y doblado

Baja resistencia a los factores de la intemperie

Poliétileno de Alta Densidad

Gran dificultad para imprimirse y doblarse

Las resinas modificadas con aditivos autoextinguibles resultan muy afectados en sus propiedades básicas.

4.- Propiedades**Mecánicas****Poliétileno de baja densidad.**

Es un material muy tenaz, resistente a la tensión, flexible.

Su conducta es ampliamente satisfactoria a esfuerzos normales de resistencia al impacto.

Poliétileno de alta densidad

Es mucho menos flexible que el material anterior con una resistencia y rigidez cuatro veces mayor. Este material sufre un significativo descenso en sus propiedades a bajas temperaturas.

Químicas

Si bien las características químicas de cada tipo de polietileno influyen en su resistencia ante el ataque de diversas sustancias, podemos generalizar lo siguiente:

Los polietileno son resistentes al agua y soluciones acuosas. Los ácidos sulfúricos y nítricos atacan lentamente a estos plásticos.

Es regla general que los polietileno resistan a los solventes comunes hasta temperaturas menores a 60°C, arriba de ella son atacados rápidamente.

Estos materiales presentan excelente oposición al paso de gases (propiedades de barrera) razón de peso para su uso en envase de alimentos.

Térmicas

Aunque la capacidad de transmitir calor de los polietilenos depende de sus características (densidad, cargas, etc.) podemos generalizar que los poliestirenos transmiten más calor que materiales como la madera y el algodón, pero menos que otros plásticos como el nylon y el PVC.

Las temperaturas máximas de trabajo oscilan así:

Polietileno de baja densidad 82 a 100° C

Polietileno de alta densidad 79 a 121 °C

Polietileno alto peso molecular 80 a 140°C

Los rangos de temperatura pueden ser aumentados al agregarles cargas como fibra de vidrio o talco entre otros, o bien aditivos.

Estabilidad dimensional

El polietileno es un material hidrofóbico por excelencia (no absorbe agua) lo que coopera a ofrecer un material de gran estabilidad dimensional.

Eléctricas

Sus propiedades de aislante se comparan exitosamente con las de los materiales de uso eléctrico tradicionales y ello varía de acuerdo con las propiedades específicas del material en uso.

Flamabilidad

Los polietilenos son materiales que se inflaman con cierta dificultad la cual disminuye al aumentar la densidad del material. Esta desventaja obliga a los formadores de grados especiales con retardantes lo que muchas ocasiones afecta las conductas originales de estos termoplásticos.

Intemperismo

Sus propiedades en todos sus grados en mayor o menor medida son afectados por los factores del ambiente por lo cual se ofrecen en el mercado grados especiales con aditivos estabilizadores.

Normalización

El Polietileno de baja densidad está aprobado por la legislación norteamericana (se le llama "grado FDA" Federal Drug Administration) para estar en contacto con alimentos.

Permeabilidad

En una característica importante en aplicaciones de envoltura de alimentos Los polietilenos poseen una baja permeabilidad al agua pues ellos prácticamente no permiten su paso.

Aquí existe una desventaja ya que si bien rechazan el agua ellos tienden a absorber vapores y gases orgánicos.

Algunos comentarios acerca de los Polietilenos de menor consumo los que pueden ser de utilidad al valorarse en un proceso de selección:

Polietileno lineal de baja densidad (LLDPE)

Aunque muy similares a los polietilenos de baja densidad el LLDPE tiene algunas características similares pero que marcan una diferencia con los primeros, estos son mayor dureza y rigidez que se refleja en sus aplicaciones como empaques y bolsas ruidosas conocidos en el comercio como "polipapel".

Su resistencia a la tensión es mucho mayor que la de el Polietileno de baja densidad, aunque la oposición a la punzura y el rasgado es mucho menor.

Una razón por la cual este material ha ganado buena popularidad entre los procesadores es su rendimiento, ya que al tener excelente relación peso-propiedades mecánicas es posible obtener productos con los mismos resultados utilizando menores cantidades de materia prima.

Poliétileno de alto peso molecular y alta densidad (HMW-HDPE)

Este material se puede encontrar como homopolímero o bien en copolimerización con otros productos como el butano.

Se caracteriza por una sobresaliente resistencia al impacto y a la tensión, además de un desempeño exitoso en condiciones extremas por largos períodos de tiempo. Para no dañar sus propiedades durante el moldeo se hace necesario el uso de estabilizadores que eviten su degradación.

Poliétileno de ultra alto peso molecular (UHMWPE)

Rivaliza con éxito en contra de otros plásticos en aplicaciones de Ingeniería. Si bien sus propiedades químicas, eléctricas y otros atributos físicos son muy parecidos a los del polietileno de alta densidad, su resistencia al impacto y a la abrasión son únicos con bajos índices de fricción y auto lubricación sobresalientes.

El Polietileno de ultra alto peso molecular es un material ideal para soportar grandes esfuerzos por largos períodos de tiempo. Su alto costo es el principal obstáculo para hacer de esta resina una más conocida.

Además de los grados de polietileno hasta ahora mencionados se ofrecen en el mercado una gran cantidad de formulaciones con características especiales en las que intervienen cargas y aditivos.

Así nos encontramos con algunos como:

Copolímeros de ácido de etileno (EAA)

En ellos la cadena de polietileno original muestra grupos colgantes de carboxilos. Se caracterizan por una gran dureza y sobresaliente adherencia a otros sustratos.

Se obtienen estos materiales, películas en coextrusión con productos como el aluminio para fabricar tubos de pasta dental y empaques de alimentos así como también tubos para la conducción de sustancias sumamente corrosivas.

Copolímeros de etileno vinil acetato (EVA)

Son materiales basados en su producción en la tecnología del polietileno de baja densidad la cual participa aproximadamente con un 50% el monómero de vinil acetato.

Los plásticos EVA son muy flexibles a bajas temperaturas una sobresaliente resistencia al impacto con menor dureza que el polietileno de baja densidad, buena resistencia ambiental y química en especial a grasas y aceites. Comparado con el LDPE es más permeable y sus propiedades eléctricas son menores así como su resistencia al calor.

Películas de empaque flexibles, con gran claridad, resistencia a la punzura y desgarre es su principal aplicación.

Aprovechando la similitud de este material con el hule se usa también en juguetes flexibles, toques para usos múltiples y acompañado de cargas en el recubrimiento de cables y alambres. Recientemente los espumados de EVA han gozado de gran popularidad en accesorios de moda y playa vivamente coloreados.

5.- Procesos de Transformación

La transformación de los polietilenos es en términos generales de las más sencillas entre los materiales plásticos y pueden utilizarse la gran mayoría de las técnicas disponibles en las empresas como: extrusión, extrusión sople, coextrusión, inyección, inyección-sople, rotomoldeo, vaciado, calandreado, etc.

-Maquinado y procesos de post-formado

Las operaciones de maquinado en poliestirenos de baja y alta densidad en la mayoría de los casos se limita al suajado, perforado y soldado para la fabricación de bolsas y armado de juguetes. Estas labores se realizan en máquinas especiales que cortan la película, imprimen y sellan.

La impresión serigráfica o flexo-gráfica en polietilenos requiere de el uso de equipo adicional para que por medio de calor y corriente eléctrica se logra la fijación de las tintas al plástico. Proceso que de cualquier manera no garantiza una larga duración del impreso.

6.- Producción y consumo

Polietileno de Baja Densidad

El único productor de polietileno en México es Petróleos Mexicanos el cual no obstante una gran capacidad de producción se ha visto rebasado por la demanda, por lo cual se ha importado en años recientes una buena parte del total de el plástico procesado.

El consumo en México de la resina se repartió así:

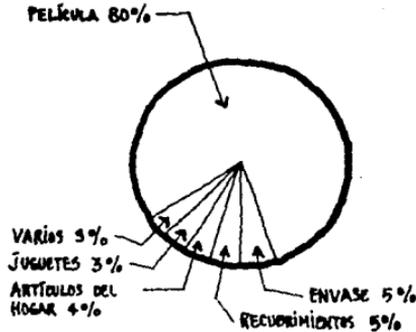


Figura 66. Segmentación del consumo de Polietileno de baja densidad en México.

Polietileno de Alta Densidad

Como en el caso del Polietileno de Baja Densidad, Petróleos Mexicanos es el único productor de la resina de Alta Densidad misma que se inició en 1978. La demanda nunca se ha visto satisfecha por lo cual también se ha recurrido a importaciones.

El consumo de Polietileno de Alta Densidad en nuestro país se estructura así:

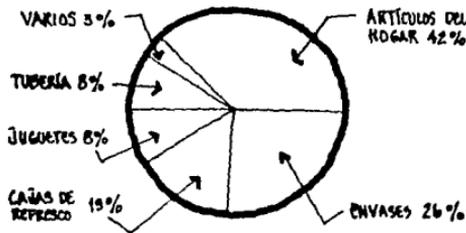


Figura 67. Segmentación del consumo de Polietileno de Alta Densidad en México.

13.- Polipropileno

1.- Aplicaciones

-Automotrices

Respaldos de puertas, ductos de ventilación y aire acondicionado, propelas, tolvas.

- Empaque

Envoltura de cigarrros, dulces, botanas, carnes frías, ropa, costales y redes para fruta.

-Domésticos

Envases para refrigeración, sillas de jardín, botellas de cosméticos y de limpieza, charolas de refrigeradores y fibras para el lavado de loza.

- Aplicaciones

Juguetes, portafolios, depósitos de pintura y productos químicos, tubería, mangos para herramienta, cascos industriales y cintas adhesivas entre otras.

2.- Abreviatura

(PP) Polipropileno

3.- Generalidades

El excelente balance de propiedades y costo accesible ubica al polipropileno como competidor de algunos metales como el aluminio, plásticos de Ingeniería, resinas de alto consumo y productos de madera.

Este material termoplástico pertenece a la familia de las poliolefinas.

Después del polietileno y el PVC en el mundo es el plástico de mayor consumo.

Generalmente esta resina llega al transformador en forma de pellets opacos (el material ya procesado es transparente), aunque es posible encontrarlo en polvo para mezclas.

Razones importantes para su uso

Relativa alta rigidez- Material duro y de una ligereza sobresaliente

A temperaturas altas retiene la mayoría de sus propiedades

Buenas propiedades de resistencia química

Excelentes propiedades dieléctricas

Permite los acabados metalizados

Bajo costo

Notables limitaciones

Baja resistencia al intemperismo

4.- Propiedades

Mecánicas

Es el termoplástico más ligero de todos, al tiempo que presenta una alta rigidez lo que lo hace un material muy apreciado donde hay relaciones de rigidez-peso alta como en el caso de las tolvas de automóviles.

La resistencia al impacto de la resina homopolímero para uso general, a temperatura ambiente o un poco más es satisfactorio. A temperaturas más bajas de -5°C su resistencia al impacto es muy pobre y requiere la utilización de polipropileno en copolímero o la adición de aditivos, con estos se obtienen formulaciones capaces de mantener sus propiedades a menos de -30°C .

Tiene el Polipropileno excelentes propiedades de resistencia a la abrasión y al rasgado lo que lo hace muy atractivo para sustituir piezas mecánicas.

Químicas

La resistencia química es sobresaliente ya que a temperatura ambiente resiste a solventes comunes, ácidos, alcalis, soluciones salinas y humedad.

Sí resulta atacado por concentraciones de ácido nítrico y peróxidos en especial si la temperatura ambiente en donde se realiza la reacción es alta.

Térmicas

Su temperatura máxima de uso oscila alrededor de los 71°C.

Estabilidad dimensional

El polipropileno es un plástico que no tiene grandes contracciones inclusive al momento de su moldeo donde los porcentajes registrados en ese momento no van más allá del 2%.

Eléctricas

Muestra excelentes propiedades de aislamiento eléctrico.

Flamabilidad

Arde lentamente en forma muy similar a la manera del polietileno. Se encuentran en el mercado grados autoextinguibles de este material.

Intemperismo

Su resistencia al intemperismo es sumamente limitada ya que la luz solar y otros factores del ambiente lo atacan fácilmente decolorándolo primero como señal de inicio de pérdidas mecánicas para seguir con un estrellamiento y fractura de la pieza.

Normalización

Aprobado por las principales normas relacionadas para estar en contacto con alimentos.

Coloración

Compatibles con colorantes y pigmentos de todos los colores, aunque en los oscuros tiende a presentar decoloraciones.

Con la adecuada formulación puede darse a estos materiales acabados muy interesantes y novedosos como es el metalizado (tipo cromado).

Grados especiales de Polipropileno

El polipropileno puede ser compuesto con un sinnúmero de características y prueba de ello es la enorme cantidad de tipos de la resina que se encuentran disponibles en el mercado:

a).- Copolímeros

Se obtienen al polimerizar monómero de etileno (al 5% aproximadamente) que rompe un poco el orden original de la molécula del material lo que da uno menos rígido y más transparente, muy común este material entre los fabricantes de películas.

b).- Copolímeros grado impacto

Después de polimerizar por separado el propileno y el etileno se someten a una reacción secundaria lo que da polipropilenos con mejores características a baja temperatura esto a cambio de una baja en sus conductas a altas temperaturas.

c).- Polipropileno compuesto grado impacto

Se obtiene al mezclar hule-etileno-polipropileno con el homopolímero polipropileno lo que da un grado especial de excelente resistencia al impacto.

La resina de polipropileno posee la característica de poder ser formulada con gran cantidad de tipos de "cargas" como fibra de vidrio, filamentos metálicos, carbonato de calcio, mica y micro esferas de vidrio. Todo ello con la intención de producir grados especiales con mayor dureza y rigidez además de mejorar su resistencia ambiental.

La carga más común para el propileno entre estas es la de carbonato de calcio el cual aumenta al dureza del material hasta en un 50% más.

5.- Procesos de transformación

El polipropileno puede ser formado por prácticamente todas las técnicas de transformación de termoplásticos.

-Maquinado y Acabados

Esta resina es fácilmente maquinable usando equipo elemental para madera o metal en donde debe procurarse usar en las máquinas bajas velocidades o trabajar con refrigerantes líquidos.

Para ensamblar estos materiales ya moldeados se pueden aplicar las técnicas usuales de soldadura o bien toda la gama de sujetadores mecánicos disponibles en el mercado. No se recomienda el uso de adhesivos y cementos polimerizados ya que los económicos no garantizan uniones exitosas a diferencia de otros cuya principal desventaja es su alto costo.

6.- Producción y Consumo

En México prácticamente no hay empresas que produzcan polipropileno, aunque Petróleos Mexicanos ha generado algunos lotes de prueba y se espera el arranque de la producción formal en fechas próximas. Por lo pronto la demanda nacional se satisface casi en su totalidad con productos importados.

La larga batalla por el mercado dada entre el polipropileno y el Polietileno de Alta Densidad ha sido ganado últimamente por el primero por varias razones entre las cuales sobresalen una mayor difusión de la resina entre las cuales sobresalen una mayor difusión de la resina entre los industriales del ramo y la estabilidad monetaria Nacional, por lo que se espera un aumento a futuro de este material en su demanda.

Los sectores de la demanda se organizaron de la siguiente manera:

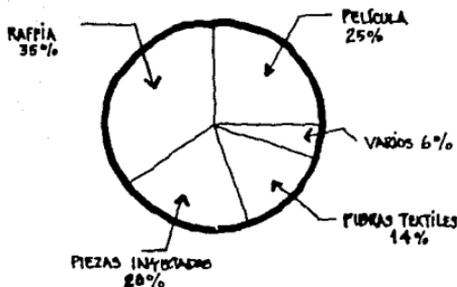


Figura 68. Segmentación del Mercado del Polipropileno en México

14.- *Poliuretanos*

Debido a su gran versatilidad estos materiales son aplicados constantemente en nuevos usos que van desde la construcción, juguetes, partes de automóvil, acojinamiento y relleno de muebles hasta la industria del calzado.

La definición de poliuretanos incluye una multitud de productos, tanto sólidos como espumados y las propiedades de ellos varían en un margen muy amplio. Así los poliuretanos presentan un surtido de características tan grande que difícilmente podremos encontrar un mejor ejemplo para ilustrar lo que es un material a la medida.

Los poliuretanos se clasifican en dos grandes campos de acuerdo a las materias primas participantes y las condiciones de reacción.

Poliuretanos termofijos Poliuretanos termoplásticos

El primero grupo corresponde, para efectos prácticos, a los materiales espumables y el segundo comprende a los no espumables o elastómeros de uretano. Debido a la extensión del tema hemos separado a los dos grupos con explicaciones particulares.

- Poliuretano termofijo

1. Aplicaciones

Poliuretano espumado rígido en la Industria de la Construcción;

Aligerante de losas, aislamientos acústicos y térmicos, elementos prefabricados, muros divisores, impermeabilizantes de techos, molduras decorativas, flotadores de plomería, etcétera.

Otros usos para el poliuretano rígido

Asientos de autos y otros transportes, molduras para muebles, aislantes para refrigeradores y tubos térmicos industriales.

Poliuretano flexible y semiflexible.

Acojinamiento para muebles, fabricación de colchones, asientos para transportes.

Poliuretano Piel Integral

Partes de interiores para automóviles (Cocheras, cabeceras, volantes, tableros, etcétera)

Partes decorativas y funcionales para exteriores de autos como partes de defensas, molduras y de carrocería.

Suelas y tacones para la Industria del Calzado, suelas y acojinamiento de zapatos tenis.

2. Abreviatura

(PUR) Poliuretano termofijo

3.- Generalidades

El poliuretano termofijo lo encontramos en el mercado -casi exclusivamente- en forma de espumas, las que pueden ser:

- Espumas flexibles
- Espumas Rígidas, semifrías, y
- Elastoméricas o de piel integral

Todas ellas son regulables en sus propiedades de acuerdo al tipo de aditivos con los que se formule así, no obstante las enormes posibilidades de estos materiales, podemos generalizar algunas propiedades que formarán una imagen de sus comportamientos y que revisaremos el punto cuatro.

Razones importantes para su uso

Conserva sus propiedades originales en un amplio rango de temperaturas críticas.

Excelente aislante térmico y acústico

Excelente resistencia al desgaste

Buenas propiedades eléctricas

Gran ligereza

Notables limitaciones

La preparación de la espuma es tóxica

b).- Resistencia química relativamente baja

c).- Fácilmente atacados por los factores del ambiente

4.- Propiedades**Mecánicas**

Dependiendo directamente de la densidad (alta o baja), de los componentes de la formulación y del peso molecular de la resina; son materiales duros, ligeros, que presentan propiedades de entre las que sobresalen su respuesta a esfuerzos a la compresión y a la abrasión. También son satisfactorios los comportamientos a la tensión y elongación además de su elasticidad.

Para todas estas valoraciones conviene recordar su baja relación peso-volumen.

Químicas

Resisten satisfactoriamente a los ácidos y álcalis débiles así como a los solventes comunes.

Son atacados por ácidos y álcalis fuertes.

Se adhiere excelentemente a sustratos como madera, metal, vidrio, cerámica y otros.

Térmicas

Según su formulación particular de los poliuretanos pueden conservar sus propiedades originales la mayoría de ellas, en un rango que para altas temperaturas oscila entre 60 y 90°C.

Su comportamiento a bajas temperaturas resulta ampliamente satisfactorio en especial para las espumas de piel integral, ya que sólo a temperaturas sumamente bajas se forman quebradizos.

Estabilidad dimensional

Ofrecen estos materiales buen estabilidad dimensional, con pequeñas deformaciones ante grandes esfuerzos por largos períodos de tiempo.

Su porcentaje de absorción al agua y humedad es insignificante.

Eléctricas

Aunque no son materiales tradicionalmente usados para aplicaciones eléctricas son aceptables aislantes.

Flamabilidad

Los poliuretanos dependiendo de su formulación arden muy lentamente o son autoextinguibles lo cual resulta muy atractivo para aplicaciones interiores y automotrices.

Intemperismo

Para las espumas rígidas y en especial para las flexibles, los ataques de rayos solares y efectos del ambiente puesto que ambos son poco estables ante ellos.

En el caso de las piezas formadas con piel integral como son volantes y tableros, presentan mucho mayor resistencia a el intemperismo. Para ambos materiales se encuentran en el mercado grados especiales modificados para usos ambientales así como también barnices protectores.

Coloración

Usualmente estos plásticos se pigmentan en unos cuantos colores neutros o bien se usan en su color natural, ya que en su mayoría se utilizan tapizados o barnizados en su aplicación final.

Aislamiento

Son magníficos materiales aislantes térmicos y acústicos de aquí su amplia aplicación en el ramo de la construcción refrigeración y manejo de fluidos en Instalaciones Industriales.

- Espumas Piel Integral

Estos Poliuretanos han adquirido un importante lugar principalmente en la Industria Automotriz.

Las piezas formadas con este material muestran una agradable textura y apreciable resistencia en su sólida capa exterior. En su interior son espumados de diferentes densidades.

Se producen en tres grados que son flexibles, semiflexibles, y rígidas, variedades que se logran modificando la proporción de los componentes así como la condiciones del proceso presentes en la formación del material. Los productos de "piel integral" se fabrican mediante un proceso particular llamado RIM (reaction injection molding) que consiste en formar la pieza al momento de realizar el espumado dentro de un molde metálico bajo condiciones de proceso cuidadosamente estudiadas (ver el capítulo X apartado 10.). De esta manera se obtienen piezas como asientos de bicicleta, partes de interiores para automóviles como son descansabrazos y volantes entre otros productos.

Las formulaciones de piel integral presentan todas las ventajas de los Poliuretanos termofijos y en ocasiones los superan, como es el caso de la resistencia ambiental y la abrasión. Además se ofrecen en el mercado de Plásticos formulaciones adicionales con cargas minerales, de vidrio molido y fibra de vidrio que mejoran significativamente sus propiedades de resistencia al impacto, flexión, estabilidad dimensional y otras.

también se usan en mezclas con otros polímeros los que confieren algunas características que estos se carecen como son el caso del PVC y los acetales.

- Recubrimientos

Los recubrimientos de Poliuretano son materiales que se usan ahí donde se hace necesario uno con buena resistencia a la abrasión, flexibilidad, adherencia, endurecimiento, rápido y resistencia química.

5.- Transformación de los Poliuretanos Termofijos

Los poliuretanos se manejan para su transformación de dos maneras

- a).- A partir de bloques de grandes dimensiones
- b).- A partir de formulaciones para la obtención de piezas moldeadas

En el primer caso el bloque se forma en instalaciones que pueden ser sumamente sencillas o bien muy complicadas, posteriormente se someten estos bloques a un proceso de maquinado donde toman su forma final.

En el segundo, por medios de diferentes moldes que pueden ser de varios materiales y complejidades, con el uso de maquinaria encargada de dosificar los componentes y depositarlos en el molde se obtienen piezas semiterminadas como lo son sillones para tapicería, o bien productos terminados como son cabeceras y tableros para autos.

b).- *Poliuretanos termoplásticos*

1.- *Aplicaciones*

- *Industria Automotriz*

Defensas, molduras y aplicaciones de carrocería

Partes de motocicletas

Partes de impacto para sistemas de suspensión

- *Deportivos*

Suelas y aplicaciones de zapatos tenis

Botas y partes para deportes invernales

Ruedas y frenos de patineta

Raquetas cuerpo y mangos

- *Médicas*

Mangueras y tubos para uso múltiples

Partes para aparatos de diálisis

Partes de corazones y otros aparatos artificiales

- *Usos diversos*

Bujes y rodamientos

Coples

Fuelles

Llantas de uso Industrial

Bandas transportadoras

2.- *Abreviaturas*

(TPU) Poliuretano termoplástico

3.- *Generalidades*

Los poliuretanos termoplásticos también llamados Elastómeros de Poliuretano son materiales con extraordinarias propiedades lo que lo hace superior a otros elastómeros menos en su costo, por los cual se destina a aplicaciones donde los requerimientos de la pieza son críticos como puede ser abrasión, oxidación o resistencia química entre otros.

Razones importantes para su uso

Excelencia flexibilidad y resistencia a la fatiga

Excelente resistencia a la abrasión

Buena resistencia química ante grasas y aceites

Acceptable comportamiento a altas temperaturas

Notables Limitaciones para su uso

Alto costo

Atacado por ácido y álcalis

4.- *Propiedades*

Mecánicas

Excelente comportamiento al impacto inclusive a bajas temperaturas.

Sobresaliente flexibilidad y resistencia al envejecimiento, así como también a la abrasión y a la deformación ante esfuerzos por largos períodos de tiempo.

Es un termoplástico ligero y con gran dureza, la cual se ofrece en tres grados; blanda, semi-rígido y duro.

Químicas

Resiste a los aceites, grasas minerales y solventes comunes. Aquí una de las principales limitaciones del material ya que también resulta atacado por ácidos y álcalis.

El agua corriente y el vapor disminuyen en buena medida sus propiedades originales.

Térmicas

No es un material eficiente a altas temperaturas, puesto que sólo conserva sus propiedades originales entre 40 y 120°C como casos extremos ambos.

Estabilidad dimensional

A temperatura ambiente presentan los poliuretanos termoplásticos, buena resistencia a deformaciones por esfuerzos prolongados conservando así sus magnitudes y forma original.

Su absorción de agua es insignificante.

Eléctricas

Aunque no son materiales por tradición usados en aplicaciones eléctricas, cumplen satisfactoriamente como aislantes para corrientes bajas.

Flamabilidad

Dependiendo de la formulación específica estos materiales arden lentamente o pueden ser autoextinguibles.

Intemperismo

Resiste satisfactoriamente a los factores del ambiente y además se encuentran en el mercado marcas que ofrecen formulaciones para mejorar su resistencia a los rayos solares y la oxidación.

Coloración

Los elastómeros de uretano son compatibles con una gran cantidad de pigmentos y colorantes lo que los hace atractivos para aplicaciones de moda como calzado y ropa de protección como impermeables.

5.- Métodos para la transformación del Poliuretano termoplástico

El TPU se maneja en forma muy similar las de los colados para gomas que consiste en la preparación de una resina sólo en parte polimerizada la cual ya en el molde completa su curado, al agregarle un catalizador en condiciones controladas de temperatura y tiempo. Esta técnica ("colada") es usada en forma limitada y sólo para uretanos termoplásticos blandos.

Para materiales con mayor dureza como son los rígidos y semirígidos se manejan las resinas en pellets que se pueden transformar con el equipo usual para termoplásticos.

6.- Producción y Mercado de los Poliuretanos (Termoplásticos y Termofijos)

La cantidad de poliuretanos producidos en México ha sido suficiente para satisfacer la demanda ya que esta se ha mantenido sin alteración significativa en los últimos años. Así no se planteado la necesidad de realizar cuantiosas importaciones.

Dentro de los productores y distribuidores de poliuretanos se encuentran empresas de gran prestigio tecnológico como BASF, Union Carbide y Bayer entre otros.

En el año de 1988 la distribución del consumo se estructuró así:

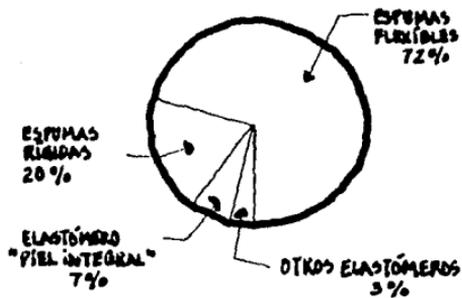


Figura 72. Segmentación del mercado en México del Poliuretano Termofijo y Termoplástico.

15.- P V C

1.- Aplicaciones

Debido a las múltiples propiedades de esta resina la gama de aplicaciones de este material es amplísima, por lo cual utilizaremos la clasificación de los fabricantes de este plástico para mostrar en forma ordenada los usos más comunes del PVC.

a) Homopolímeros (producidos por suspensión y por masa)

- Rígidos

Tubería hidráulica y sanitaria, botellas para todos usos, perfiles principalmente para la construcción, película y láminas para la industria del embalaje y para usos especiales como tarjetas de crédito.

- Flexibles

Recubrimientos de tela para la industria automotriz, tapicería y aplicaciones en el vestido. Película para la industria del embalaje. Fabricación de calzado, cable y alambre, perfiles flexibles, mangueras. En plásticos, máscaras, pelotas, juguetes y recubrimiento de herramientas.

- Copolímeros (producidos por suspensión y por masa)

En formulaciones rígidas se aplican para la formulación de discos fonográficos. En formulaciones flexibles para la fabricación de losetas vinílicas, recubrimientos de piso tipo linoleum.

b) Homopolímero y Copolímero (producidos por el proceso de emulsión)

Telas plásticas para la industria automotriz y la del calzado. Juguetes, pisos, recubrimientos de metales principalmente en herramientas. Sellitos de envases de cervezas, refrescos y alimentos en general.

2.- Abreviatura

(PVC) Policloruro de vinilo. Se aplica también la abreviatura VCM para denominar el monómero de cloruro de vinilo.

Algunos autores lo designan también como "Cloruro de Polivinilo"

3.- Generalidades

El PVC es un polímero termoplástico lineal en el cual los átomos de cloro provocan un aumento de rigidez en el polímero.

Generalmente el homopolímero y el copolímero se presentan en el mercado como polvos blancos (similares a un talco), pellets o como un líquido viscoso y bajo diferentes características que son:

- Resina

Es el polímero puro, inservible por sí solo para la fabricación de objetos industriales. Su valor radica en que es la base para elaborar todos los compuestos:

Compuestos rígidos

Resinas mezcladas con algunos aditivos, prácticamente sin plastificantes

Compuestos Flexibles

Son resinas mezcladas con aditivos y cantidades considerables de plastificantes.

Compuestos Semirígidos

Mezclas de resina con aditivos y concentraciones de plastificantes en cantidades mucho menores que en los compuestos flexibles.

Plastisol

Son mezclas (líquidos viscosos) donde se revuelve resina con gran cantidad de plastificantes generándose el plastisol.

Organosol

Es un plastisol mezclado con gran cantidad de sustancias volátiles y diluyentes.

- Copolímeros de Resinas de PVC

Este proceso permite modificar las propiedades primarias de las resinas que después serán usadas por la industria. Para que los copolímeros de PVC tienen gran importancia ya que su procesabilidad es mucho mejor que la del homopolímero.

Entre los principales copolímeros de PVC tenemos:

El del Acetato de vinilo

Es el más importante por sus volúmenes de producción. En él su contenido de acetato varía del 2% hasta cerca del 20%. Los copolímeros de baja participación de acetato de vinilo se utilizan para la fabricación de película y, los de alta participación se destinan comúnmente para la producción de discos fonográficos y losetas para pisos.

El de Vinilideno

Se fabrican con un contenido de vinilideno entre 4 y 40%. Este último es el de mayor consumo y se destina a recubrir latas de cerveza principalmente por su capacidad de retener la entrada o salida de gases y humedad.

- Razones importantes para su uso

PVC. Rígido

Excelente resistencia a la corrosión
Buenas propiedades de dureza y resistencia a la abrasión
Buenas propiedades dieléctricas
Son materiales autoextinguibles
Buena resistencia ambiental

PVC. Flexible

Excelente fiabilidad
Buena resistencia química
Aceptable resistencia ambiental
Buenas propiedades dieléctricas
Bajo costo

Notables Limitaciones**PVC. Rígido**

Tiene tendencia a mancharse fácilmente

PVC. Flexible

Endurece a baja temperatura, volviéndose quebradizo
Susceptible a mancharse con cierta facilidad
Sus plastificantes tienden a migrar de la resina por lo que con rapidez pierde propiedades.

4.- Propiedades

Bocetaremos las propiedades del material en términos muy amplios y posteriormente analizaremos la participación de los principales elementos de los compuestos de PVC, y las características que le imparten al mismo.

Mecánicas

La dureza que presentan ambos tipos de PVC en términos prácticos es la misma.

Las respuestas a los esfuerzos de compresión o tensión son ampliamente superados los compuestos flexibles.

La flexión y resistencia al impacto son dos propiedades sumamente difícil de determinar para un PVC flexible sin especificación. Estos mismos esfuerzos (flexión y resistencia al impacto) en compuestos rígidos, la gama es amplísima en especial en lo que se toca a las propiedades de impacto ya que puede ser de una resistencia muy baja hasta una medianamente alta.

Químicas

El comportamiento de el PVC tanto flexible como Rígido ante sustancias químicas es buena, ya que resisten ácidos fuertes y bases. Solventes orgánicos comunes atacan moderadamente a estos plásticos; resiste a soluciones salinas y otros líquidos corrosivos.

Térmicas

Las temperaturas máximas para estos plásticos sin adicionar aditivos fluctua entre 60 y 80° C, para trabajar en estas temperaturas es ligeramente mejor el PVC flexible.

A bajas temperaturas el material pierde propiedades mecánicas notablemente y se vuelve quebradizo por lo cual requiere de modificaciones con aditivos para subsanar esta carencia.

Para conducir el calor el PVC es mejor que otras resinas como las epóxicas y las fenólicas las cuales presentan un comportamiento sobresaliente al respecto. Aunque esta característica en el PVC es menor a materiales como el poliestireno y el hule.

Estabilidad dimensional

Las cantidades y tipos de aditivos usados en las formulaciones de PVC modifican en gran medida la capacidad de absorción de agua del mismo, como factor de la estabilidad de una pieza fabricada en este material y que para determinarse con certeza habría que especificar el tipo de formulación del plástico.

Eléctricas

El PVC muestra una gran capacidad de aislamiento eléctrico por lo cual en compuestos flexibles es ampliamente usado como recubrimiento de conductores metálicos.

Flamabilidad

El PVC es, debido a la presencia de cloro, autoextinguible. Característica que se va modificando con la presencia de aditivos los cuales sí pueden ser inflamables.

Intemperismo

Su resistencia a los factores del ambiente son buenas; aunque si esta exposición es muy prolongada resulta en un empobrecimiento generalizado de propiedades físicas mecánicas.

Transparencia

Encontramos entre los tipos de PVC, desde los que ofrecen una aceptable transparencia hasta los completamente opacos dependiendo del proceso con el que hayan sido fabricados y de las sustancias presentes en la formulación del material a transformar.

Coloración

Acepta gran cantidad de colores y tonalidades. Se disponen en el mercado resinas ("Master batch"

como son conocidas en el medio industrial) ya preparadas en coloración o bien el transformador puede formular su propio color.

-Formulación de los compuestos de PVC

Las propiedades de los compuestos de PVC (como hemos vistos) varían enormemente, dependiendo de los aditivos y cargas que participan en la formulación y que desembocan materiales para la producción de objetos.

Es necesario establecer las características del producto para proceder a delinear la fórmula que mediante ajustes de ensayo y error nos llevarán al resultado deseado.

Los elementos que intervienen en los compuestos de PVC y que se explican todos ellos en la parte final de este capítulo son:

a) Resinas de PVC

Normalmente se emplean así;

Resinas de suspensión y masa..... Para compuestos

Resinas de emulsión..... Para fabricar plastisoles

Resinas de solución..... Para recubrimientos

b).- Lubricantes

c).- Estabilizadores

La principal característica de este aditivo es que debe neutralizar la generación de ácido clorhídrico responsable de la decoloración del compuesto y pérdida de otras propiedades.

d).- Plastificantes

Importantísimo aditivo para este material ya que cambia las propiedades de éste haciéndolo más o menos flexible y modifica sus características de proceso.

e).- Cargas

η.- Pigmentos, modificadores de flujo, retardantes de flama, antioxidantes, antiestáticos y espumantes entre otros muchos más.

5.- Procesos de Transformación

El PVC prácticamente puede ser transformado por todas las técnicas convencionales para termoplásticos donde lo común es que los compuestos flexibles son más sencillos en su proceso que los compuestos rígidos

6.- Producción y consumo

La resina de PVC es una de las que mejor han mantenido sus niveles de producción en nuestro país satisfaciendo la demanda y generando excedentes de producción. Entre las razones de este notable éxito se encuentran una moderna tecnología en plantas y un eficiente sistema de distribución en el país y en el extranjero.

El consumo del PVC en el país se dividió de la siguiente manera:

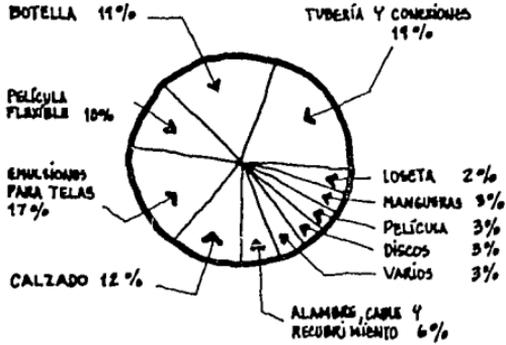


Figura 73. Segmentación del mercado del PVC en México. (Rígido y Flexible)

16.- Resinas Epóxicas

1. Aplicaciones

- Recubrimientos
Recubrimientos de uso marino, de mantenimiento, para envases de solventes, para acabados automotrices como base (primer) y para interiores de tubos.

- Industria Eléctrica y electrónica

Fabricación de apagadores y contactos para altos voltajes

Encapsulado de partes eléctricas que trabajan a altas temperaturas y elevada humedad

Partes para la fabricación de semiconductores, transistores y circuitos integrados.

-Compuestos reforzados

Participación en compuestos epóxicos-fibra de carbón, para aplicaciones de aviación y aeronáutica.

Refuerzos para tubería de trabajo en condiciones de corrosión crítica, humedad y temperatura. Muy usado en la minería.

Carcasas de bombas de trabajo en condiciones críticas y mecanismos

-Adhesivos

adhesivos de uso doméstico

2.- Abreviatura

(EP) Resinas Epóxicas

3.- Generalidades

Estos plásticos que en la mayoría de sus presentaciones son opacos requieren para su endurecimiento la utilización de agentes de curado los cuales se seleccionan de acuerdo a los participantes de la formulación del mineral.

Las resinas epóxicas se presentan en el mercado como líquidos poco viscosos, pastas fácilmente moldeables o bien que como sólidos que para darles forma hay que calentarlos en hornos especiales a altas temperaturas.

Razones importantes para su uso

Excelente dureza y resistencia

Gran capacidad de adherirse a otros materiales

Buenas propiedades eléctricas

Buena resistencia química

Limitaciones notables

Muy elevado costo

4.- Propiedades

Mecánicas

Son materiales de gran dureza y buena resistencia a la tensión. su resistencia al impacto comparada con otros materiales de Ingeniería como el teflón y la urea es baja.

Su comportamiento a la compresión y a la flexión es bastante satisfactorio ya que supera a los plásticos que compiten en algunos campos como las resinas fenólicas.

Químicas

El comportamiento de las resinas epóxicas ante ataques químicos resulta bueno considerando las aplicaciones finales a las que se destina. La capacidad de respuesta a sustancias químicas depende de su formulación y cargas pero en términos generales podremos decir que resiste a ácidos y bases, solventes orgánicos, álcalis débiles y fuertes.

Térmicas

No es buen conductor de calor y su rango de temperatura máxima es muy amplio, ya que esta característica depende de los componentes de la resina y se ubica entre los 120 y 180° C para resinas epóxicas sin refuerzo. Para las reforzadas este se ubica entre 149 a 260° C.

Estabilidad dimensional

Son plásticos de excelente conducta en este apartado, desde su endurecimiento sufren contracciones muy bajas o poco significativas.

Eléctricas

Presenta buenas características de material aislante y de no retención de cargas aún en medios de alta humedad. Esto hace de las Resinas epóxicas materiales muy atractivos para la Industria Eléctrica y Electrónica.

Flamabilidad

En la mayoría de sus tipos las resinas epóxicas son autoextinguibles y cuando no se cumple esto arde muy lentamente como es el caso de las resinas epoxi-novolac sin carga.

Intemperismo

Resiste satisfactoriamente por períodos largos de tiempo a los factores del ambiente

Coloración

Es muy limitada pues sólo acepta colores poco encendidos y no produce brillo en su acabado.

Las propiedades básicas de estas resinas son muy versátiles puesto que pueden ser modificadas de diferentes maneras, una por la combinación de tipos de resinas y otra por la adición de modificadores, entre los que sobresalen las cargas las cuales comúnmente son de fibra de vidrio, fibra de carbón y compuestos minerales, con ellos se obtiene una amplia gama de productos.

5.- Procesos de Transformación

El proceso de las Resinas Epóxicas o Epóxi pueden realizarse por medio de técnicas convencionales para termofijos como son vaciando, calandreado, compresión y transferencia; aunque el primero de ellos es el más usado.

Con algunas modificaciones en las zonas de plastificación y boquillas de la máquina es posible aplicar el proceso de inyección.

De así requerirse posterior a su formado primario las piezas fabricadas en epóxicos pueden ser maquinadas con herramientas usual para metales.

6.- Producción y Consumo

En México se producen y formulan Resinas Epóxicas que en buena proporción satisfacen la demanda y deja porcentajes bajos para las importaciones para tipos de resinas muy especializadas.

En áreas de consumo estos materiales se repartieron así:

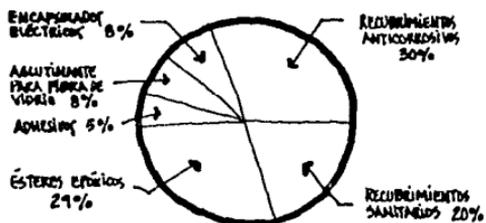


Figura 74. Segmentación del Mercado de las Resinas Epóxicas en México.

17.- Resinas Fenólicas

1. Aplicaciones

- Industria Automotriz
Partes de fricción para frenos (balatas), pastas de clutch, discos para transmisión automática.
Partes para sistemas de ignición, principalmente rotores y tapas de distribuidor sujetadores de cables.

- Industria Eléctrica
Bases para tubos fluorescentes, cubiertas para bases, partes para manejo de cables, switches y centros de carga para el manejo de alta tensión, dispositivos de telégrafo y telefonía, apagadores y contactos de uso industrial.

- Industria de los laminados decorativos y otras
Laminados decorativos
Adhesivos comunes e Industriales, Barnices para acabados en madera, Aglutinante para láminas de asbesto y para la fabricación de piedras de esmeril

2.- Abreviatura

(UF) Resinas Fenólicas. "Bakelita"

3.- Generalidades

Como Resinas Fenólicas entenderemos a una amplia gama de productos que resultan de la reacción entre fenoles y aldehídos mismas que en su gran mayoría son plásticos termofijos.

Se presentan en el mercado de varias formas; sólidos, polvos sin modificar, polvos con cargas, líquidos y soluciones. Todos ellos reciben en la industria el nombre genérico de "Bakelita".

Razones importantes para su uso

- Sobresaliente resistencia a exposición prolongada a altas temperaturas.
- Magnífica estabilidad dimensional en un gran margen de temperaturas.
- Magnífica respuesta a deformaciones bajo cargas mecánicas
- Buena resistencia química
- Fácil de procesar
- Bajo costo

Limitaciones notables

- Baja respuesta al impacto
- Sólo acepta coloración negra o café.

4.- Propiedades

Mecánicas

Las resinas fenólicas son materiales rígidos con buena dureza y alta resistencia a la compresión. Al usarse resinas de uso general se debe tener siempre en cuenta su pobre respuesta al impacto, ya que aún a bajos esfuerzos pueden presentarse fracturas o la ruptura total.

Químicas

La resistencia de estos materiales a los químicos es buena; muestra buen comportamiento ante ácidos fuertes, bases fuertes y en menor medida pero aún satisfactoriamente ante solventes orgánicos.

Térmicas

Se caracteriza por una buena firmeza a altas temperaturas aún en períodos muy prolongados de exposición.

Estabilidad dimensional

Esta propiedad es excelente en las resinas fenólicas aún bajo condiciones críticas.

Su nivel de absorción de agua es muy bajo lo que ayuda a obtener piezas terminadas con gran precisión en sus magnitudes.

Eléctricas

Las propiedades eléctricas en las resinas fenólicas se pueden calificar de sobresalientes comparadas con otros materiales plásticos. De entre estas propiedades sobresale la de ser un gran aislante.

Fiamabilidad

Son materiales que arden muy lentamente y en muchos tipos de ellos resultan autoextinguibles.

Intemperismo

Su conducta ante los factores del medio ambiente es satisfactoria, ya que sólo a períodos muy largos expuesto a los rayos solares muestra una leve decoloración y en un caso extremo fracturas superficiales.

Coloración

Esta capacidad en las resinas fenólicas resulta sumamente limitada, ya que únicamente puede ser pigmentado el material en colores negro y café.

Grados especiales de las Resinas Fenólicas

Es práctica común en la Industria el uso de cargas como harina de madera, algodón, minerales, vidrio y fibra de trapo. Todas estas cargas están dirigidas a modificar las propiedades originales de la Resina Fenólica y así, son llamados compuestos para moldeo, los cuales se clasifican en cuatro grupos que son:

a).- Resinas de uso general

Harina de madera es la más usada para estas formulaciones y se aplica principalmente en la fabricación de cables como capas aislantes y partes de sistema eléctrico.

b).- Resinas mejoradas para resistencia al impacto

Aquí minerales, fibra de vidrio y celulosa son las cargas usadas para aumentar en forma importante la resistencia al impacto de piezas fabricadas con esta resina.

c).- Resinas para aplicaciones eléctricas

Estos compuestos se producen en especial para la fabricación de partes normalizadas eléctricas y de ignición de automóviles principalmente, en ellas participan cargas minerales.

Una baja absorción de humedad y gran capacidad de aislamiento eléctrico son las principales virtudes de esta resina.

d).- Resinas resistentes al calor

Estos minerales pueden resistir temperaturas hasta de 235° C en exposiciones cortas; y exposiciones hasta de mil horas de 150 a 180° C dependiendo en todas ellas al mineral usado como carga.

5.- Procesos de transformación

Las resinas fenólicas son plásticas que se aprovechan para obtener piezas de gran precisión a bajo costo comparado.

Para su transformación se aplican técnicas típicas de materiales termofijos como su comprensión y transferencia, ayudándose para recalentar los compuestos con hornos o aparatos de alta frecuencia para conformar la resina en preformas, que posteriormente se depositan en el molde o cámara de transferencia (ver capítulo X apartado 9 "Moldeo por Transferencia").

Actualmente se aplican en algunos países máquinas inyectoras para termofijos de usos muy especializados y con carácter experimental por lo cual su participación no es significativa para la industria en general.

6.- Producción y Consumo

En México las Resinas usadas en el proceso de Transformación son todas de procedencia nacional.

El consumo de este material se repartió de la siguiente manera:

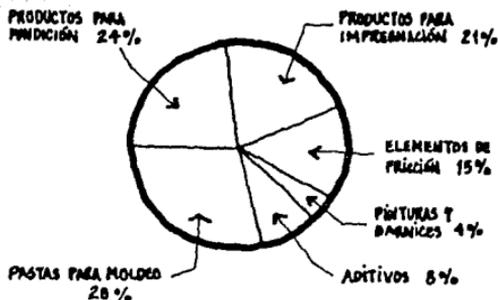


Figura 75. Segmentación del mercado de las Resinas Fenólicas en México.

18.- Resinas Poliéster Insaturadas

1. Aplicaciones

Los productos formados con la combinación de la resina de poliéster y fibra de vidrio son por mucho los más populares, su variedad es enorme por lo cual sólo a manera de ejemplo mencionaremos uso como:

Charolas para usos múltiples, tinacos, lanchas, grandes lienzos usados en la construcción, partes para carrocerías e inclusive carrocerías completas.

Encapsulados y moldeados de resina, llaveros y artículos decorativos

Fabricación de botones y aplicaciones de moda (aquí usualmente se usa resina sin cargas)

Mármol sintético y cuerpos de muebles (con la aplicación de diferentes cargas además de la fibra de vidrio).

2.- Abreviatura

3.- Generalidades

Las resinas poliéster insaturadas presentan, como lo hemos visto, una enorme gama de usos que nos indican que si bien la mayor parte de las resinas que se producen, se usan para ser moldeadas con materiales de refuerzo también se producen resinas poliéster que tienen otro fin en la Industria, estas son:

Poliésteres no saturados o insaturados, los cuales forman plásticos termofijos.

Poliésteres saturados o termoplásticos

Alquidales. (Que son poliésteres modificados con aceites los cuales se aplican como recubrimientos).

Plastificantes. (Son poliésteres totalmente saturados que se usan como un aditivo de plastificación para otros materiales plásticos).

Por su importancia como materia prima e interés para el diseñador Industrial nos ocuparemos ahora de las Resinas no saturadas para posteriormente analizar como un material aparte las resinas saturadas

Resinas Poliéster no saturada (también llamada insaturada o termofija)

Razones importantes para su uso

- Buena resistencia mecánica cuando se usan reforzados.
- Fácilmente transformables
- Buenas propiedades eléctricas
- Se presenta en el mercado con formulaciones especiales
- Bajo costo

Notables limitaciones

Para resinas de uso general la respuesta a ataques químicos es sumamente limitada.

De acuerdo a los componentes de la materia prima y de la forma en que se manipulen industrialmente se obtienen innumerables tipos de resina poliéster que se agrupan en:

- De uso general, o rígida.

- Flexible
- Compuestos para moldeo

Aunque cada resina posee características propias que la distinguen ante las demás también es posible hablar de propiedades comunes a la resina poliéster en términos amplios las cuales desarrollaremos en el siguiente punto.

4.- Propiedades

Mecánicas

Los poliésteres son materiales exitosos en innumerables campos ya sea que se usen en forma simple o con refuerzo.

Cuando se usan sin refuerzo sus propiedades de resistencia a la tensión, flexión e impacto son en el mejor de los casos aceptables. Esto se mejora al usar resinas flexibles que por otro lado presentan una menor respuesta a la compresión.

Las propiedades cambian radicalmente refuerzos como el de fibra de vidrio, lo que produce un material con excelentes características físicas y mecánicas.

Químicas

Como en el caso de las propiedades mecánicas, las resinas de uso general y flexibles resultan deficientes a los ataques ácidos y sustancias alcalinas y en menor grado a solventes. Este hecho obliga a la industria a formular resinas que ofrecen mucho mejor respuesta a estos ataques químicos.

Térmicas

Las resinas de uso general y las flexibles presentan buenas temperaturas de uso con un rango de 119 a 121° C, estas son mucho mayores cuando se trata de compuestos moldeados para moldeo que son de 144 a 204° C.

Su comportamiento mecánico es excelente a altas temperaturas mismas que en este material no producen un envejecimiento acelerado.

Estabilidad dimensional

Las piezas formadas con este material presentan una excelente estabilidad dimensional y un pequenísimo porcentaje de absorción de humedad, característica de gran importancia para esta propiedad.

Para el caso de las resinas reforzadas con fibra de vidrio la absorción de humedad es mucho mayor aunque no llega a plantear serios problemas de estabilidad dimensional.

Eléctricas

Las resinas poliéster no saturadas brindan excelentes propiedades ya que no son conductores y prácticamente no retienen cargas estáticas.

Estas características cambian significativamente al ser reforzadas, en especial para el caso de la fibra de vidrio debido a que la combinación de materiales tiende a absorber humedad.

Flamabilidad

Para cada tipo particular de resina se determina su grado de flamabilidad los cuales pueden ir de arder muy lentamente a ser por completo autoextinguibles.

Intemperismo

La resistencia de la resina poliéster ante los factores del medio ambiente resulta moderada ya que después de períodos largos de exposición se inicia un proceso de amarillamiento y en un caso extremo la pieza se fractura.

Coloración

La resina poliéster es compatible con gran cantidad de colorantes.

Análisis de los grados especiales de la Resina Poliéster Insaturada

Para disminuir las carencias naturales del material la Industria Proveedoradora ofrece además de las resinas de uso general, una gran cantidad de formulaciones para aplicaciones específicas que aquí hemos agrupado así:

Grados de resistencia Química

Son formulaciones que soportan temperaturas de trabajo hasta de 80° C con una magnífica respuesta ante ácidos, bases y solventes. Por otro lado la resistencia al impacto de estas resinas es más baja.

Grados de resistencia al fuego

Estos materiales soportan fácilmente sin perder sus características originales, temperaturas de trabajo de hasta 150° C y son además autoextinguibles.

Resinas para moldeo o para procesos de Temperatura

Formuladas con cargas, refuerzos y otros aditivos, estas resinas principalmente satisfacen requerimientos de estabilidad dimensional y velocidad de endurecimiento, estos compuestos de moldeo son:

SMC

Materiales para ser transformados en láminas y, por su magnífica distribución de esfuerzos se le usa cuando las piezas terminadas tienen que ofrecer una notable resistencia mecánica.

DMC

Buena estabilidad y acabado son sus características. Se usa en procesos de compresión y transferencia principalmente.

NMC

Con un magnífico acabado superficial y presentación, esta resina ofrece gran estabilidad aún a altas temperaturas de trabajo.

Se le usa en el proceso de inyección para la fabricación de piezas con excelentes características mecánicas, térmicas y de resistencia química.

Este material es considerado un plástico de Ingeniería.

Resinas para encapsulado

En especial estas resinas se usan en la fabricación de botones para la industria del vestir debido a su magnífica compatibilidad con colorantes y efectos que con ellos se pueden lograr. Las temperaturas que se requieren para su endurecimiento son bajas y fácilmente maquinables.

Resinas de Alta resistencia al Intemperismo

Disminuyen en forma importante el amarillamiento debido a los rayos solares. Esto se logra de dos maneras, una agregando aditivos que absorben las radiaciones ultravioleta o bien coloreando la resina con pigmentos que soportan fácilmente estos rayos.

Otras resinas Especiales

Son Plásticos que se formulan para usos técnicos muy específicos como son la fabricación de mármol sintético, pegamentos y resonadores.

5.- Métodos de Transformación

El obtener un producto sólido termofijo a partir de un compuesto líquido o resina, implica un proceso de copolimerización debido a que la resina comercialmente se encuentra disuelta en monómeros (de estireno, vinilo, metil metacrilato entre otros más) los cuales reaccionan con las moléculas o grupos que no se encuentran llenos en sus enlaces o "saturados". Así los monómeros forman "puentes" o "grupos de entrecruzamiento" que cooperan a unir firmemente las moléculas, es lo normal que en estas reacciones no haya ningún subproducto.

Los mecanismos comunes para lograr esta reacción de "curado" son:

a).- Por medio de sustancias químicas

Aquí figuran los catalizadores e iniciadores, que son los encargados de desencadenar la reacción de entrecruzamiento de moléculas.

El mecanismo de polimerización o curado por sustancias químicas es el más popular, ya que es usado tanto a nivel artesanal como en grandes Industrias con algunas variantes en la forma de dosificación y aplicación, principalmente en la fabricación de fibra de vidrio.

b).- Por medios Térmicos

Las resinas poliéster insaturadas presentan la tendencia a polimerizar con facilidad, lo que se puede acelerar simplemente aumentando la temperatura en la que se desarrolla la reacción lo que aumenta en gran medida la reproductividad de una empresa que cuenta con hornos de curado y los adecuados controles de temperatura.

c).- Microondas

A similitud de un horno de cocina doméstica, esta técnica se basa en la agitación de moléculas que al momento de rotar y oscilar produce colisiones que se reflejan en un aumento en la temperatura del material.

Este producto se usa especialmente para producir tubos continuos y la extrusión de perfiles.

d).- Rayos ultravioleta (UV)

Estas resinas solidifican fácilmente como reacción a los rayos del sol o de igual manera se usan fuentes artificiales de rayos UV que se aplican a las piezas a fabricar.

Las técnicas que se aplican para fabricar productos de resina poliéster no saturada son:

-Procesos para resina sin reforzar
Inyección, Colado, Extrusión y Transferencia.

- Procesos para resina reforzada
Aplicación manual o "Picado", Aspersión, Moldeo a presión, Embobinado, Centrifugado, Prensado en frío, Transferencia, Formado al vacío, Extrusión y otros más especiales para productos específicos tal es el ejemplo de los botones.

Todos estos procesos se explican a detalle en el capítulo X, apartado 13.

6.- Producción y consumo

La resina poliéster procesada en México en su inmensa mayoría es fabricada en el país ya que solo pequeños porcentajes de ella se importan.

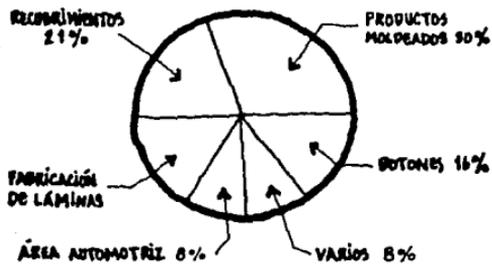


Figura 76. Segmentación del mercado de la Resina Poliéster Insaturada en México.

19.- Silicón

1.- Aplicaciones

Agentes pulidores, antiespumantes, agentes refrigerantes, aditivos para pinturas, aislamientos eléctricos, componentes eléctricos, adhesivos y selladores, mangueras para usos médicos, catéters y conectores para comunicaciones.

2.- Abreviatura

(SI) Silicón. Polímeros de Silicio. Silicones

3.- Generalidades

Los silicones se caracterizan por presentar un sorprendente abanico de productos partiendo para su obtención de unos cuantos productos químicos.

Las resinas de silicón se encuentran en el mercado en diversas presentaciones: líquidos de alta y baja viscosidad, y, materiales termofijos sólidos.

Razones importantes para su uso

Sus propiedades mecánicas y eléctricas se mantienen aún en condiciones críticas de alta temperatura y humedad

Son materiales por completo autoextinguibles

Notables Limitaciones

Muy alto costo

4.- Propiedades

Las propiedades de estas resinas dependen principalmente de los compuestos de silicio de los que se aparta. Para mayor claridad se señalan las principales características dentro de la explicación particular de cada tipo de resina usuales en la Industria:

Líquidos de Silicón

Estos materiales no presentan olor, sabor, ni color. No son volátiles ni tóxicos.

Su resistencia química es moderada ya que son atacados por ácidos y álcalis. Además son solubles en algunos hidrocarburos aromáticos.

Muestran un excelente rango de temperaturas donde conservan sus propiedades cercanas a las originales. Este rango se establece de - 70 a 200° C.

Son sumamente estables ante los factores del ambiente como son los rayos del sol y humedad.

Los líquidos de silicón presentan dos propiedades que son muy apreciadas en sus aplicaciones finales, una, su muy baja adhesividad y dos, su notable repelencia al agua.

De aquí sus aplicaciones como desmoldante, agente de pulido y abrillantador, producto de repelencia a las manchas y otras más especializadas como tratamientos de telas y papeles antiadheribles, o lubricantes para altas temperaturas.

Resinas de silicón

Estos líquidos de alta viscosidad presentan una alta estabilidad en altas y bajas temperaturas.

Su resistencia a la humedad es notable lo mismo que a los factores climáticos.

El comportamiento de estos materiales ante ataques químicos resulta en una resistencia moderada ya que son atacados por ácidos y bases fuertes.

Ante ácidos y bases débiles demuestran estabilidad.

Las resinas de Silicón ofrecen sobresalientes características de aislante eléctrico y baja adhesividad por lo cual son usados principalmente para la fabricación de partes relacionadas con la Industria Eléctrica, acompañados con cargas como mica y arena sílica.

Elastómeros de Silicón

Son dos tipos de hute de Silicón los que se ofrecen en el mercado y son el primero "vulcanizable por calor" y el segundo los "vulcanizables a temperatura ambiente"

Las resinas "vulcanizadas por calor" Son compuestos con propiedades específicas tales como resistencia a temperaturas extremas y buena respuesta a la deformación por esfuerzos aplicados por largos períodos de tiempo, a las que habría que agregar un fácil proceso de transformación.

Estos materiales cuyo endurecimiento se realiza a altas temperaturas son gomas reforzadas con tierras de diversos tipos y arenas sílicas.

Se aplican ahí donde se requiere estabilidad ante condiciones críticas de humedad y temperatura como son aplicaciones médicas en mangueras y conectores, en motores en juntas y sellos de monoblock y transmisiones automáticas, retenes de rodamientos, en la industria eléctrica como aislante de cables y conectores.

Los elastómeros de silicón "vulcanizables a temperatura ambiente" se presentan como productos que automáticamente endurecen al entrar en contacto con la humedad del medio ambiente, o por sistemas de dos partes que endurecen al mezclárseles.

Estos materiales son los más populares en consumo y sus aplicaciones principalmente se dirigen al encapsulado de partes eléctricas y para el sellado en la industria de la Construcción, en menor medida se utiliza para la fabricación de moldes y modelos.

5.- Métodos de Transformación

Dada la gran variedad de silicónes las técnicas de transformación usadas para transformarlos son especiales para cada tipo de ellos.

Podremos decir que con variantes estos procesos son Inyección, Compresión, Transferencia, Extrusión, Espumado, calandrado y vaciado.

20.- Teflón

1. Aplicaciones

- Recubrimientos
Artículos de uso doméstico como sartenes, ollas, contenedores y charolas para hornado y otros usos relacionados.

En la Industria Textil como protector de telas contra manchas
Protección de equipos de laboratorio en piezas de vidrio principalmente.
Recubrimientos internos de tubería que trabaja a altas presiones

- Partes Moldeadas
Partes mecánicas sujetas a esfuerzos considerables en condiciones extremas de temperatura.
Soportes y partes de baleros, partes de bujes
Cojinetes y partes de pistones para motores

- Aislantes y Selladores
En la Industria Electrónica y de las comunicaciones como aislante de cables y partes de miniaturización
En la plomería como empaques universales para conexiones de tubería.

2.- Abreviatura

(PTFE). Politetrafluoroetileno. "Teflón"

3.- Generalidades

Los Plásticos fluorados o que contienen flúor en su molécula y a los cuales pertenece el PTFE, han ido ganando terreno en diversos campos a pasos agigantados gracias, principalmente a su comportamiento en condiciones extremas en las cuales otros plásticos sencillamente fallan.

Este material se ofrece en el mercado en tres presentaciones que son:

- a).- Grano o pellet
- b).- Polvo, y
- c).- Líquidos (soluciones concentradas)

Las excelentes características de este plástico en gran parte se deben a que la energía necesaria para modificar su estructura es bastante considerable, a que se llega solamente llevando al material a temperaturas y presiones de magnitud elevada.

Razones importantes para su uso

Magníficas conductas de resistencia química aún a altas temperaturas.
Sobresaliente resistencia a los factores del ambiente
Confiable comportamiento mecánico a altas temperaturas y por largos períodos
Posee el más bajo coeficiente de fricción entre los materiales hasta ahora conocidos.
Buenas características eléctricas

Limitaciones Notables

Muy alto costo
Resistencia mecánica limitada
No puede ser procesado por medios convencionales

4.- Propiedades

Mecánicas

Aunque la mayoría de las propiedades mecánicas de estos materiales están directamente relacionados con las condiciones con las que se procese, es posible generalizar que es un plástico muy tenaz y flexible pero con una elasticidad muy baja lo que permite aseverar que es aceptable su comportamiento al impacto.

La dureza de este polímero es relativamente baja lo que usualmente obliga a los fabricantes a adicionar las formulaciones con aditivos para mejorar esta característica.

Presenta comportamientos extraordinarios de baja fricción y antiherencia por lo que este material tiene uno de sus usos más conocidos en recubrimientos en baterías y artículos de cocina.

Químicas

La resistencia química del politetrafluoroetileno es sobresaliente entre los materiales plásticos, puesto que su estructura molecular es tan estable que aún a temperaturas mayores a 300° C no se conoce un disolvente que ataque seriamente el material.

Resiste a ácidos y álcalis de cualquier valor.

Térmicas

Son materiales con magníficas características de trabajo a altas temperaturas, ya que puede mantener sus propiedades a temperaturas cercanas a los 250° C y aún más si son sometidos a períodos cortos de exposición.

Para las bajas temperaturas presenta excelente comportamiento mecánico a -196° C e inclusive se ha demostrado que no se vuelve quebradizo a temperaturas sólo logradas en laboratorio de -296° C.

Estabilidad dimensional

El PTFE no absorbe agua aún después de largos períodos de inmersión lo que ayuda a mantener inmóvil las magnitudes originales de productos fabricados con estos materiales.

Si llega a presentar pequeñas deformaciones que porcentualmente son muy bajas debido a esfuerzos sostenidos por mucho tiempo.

Eléctricas

Presenta buenas propiedades de material aislante aunque ésta como otras, puede ser modificada para aumentar o disminuir por medio de los componentes de la formulación comercial.

Flamabilidad

Estos materiales no arden en lo absoluto

Intemperismo

Resiste sin evidenciar daño alguno, a todos los factores del medio ambiente.

Coloración

Son materiales muy difíciles de colorear y sólo aceptan colores oscuros como el negro y el café.

Otros Fluoropolímeros de Interés

Existe una extensa variedad de plásticos fluorados además del PTFE y que cambian sus propiedades con respecto a este en pequeñas pero importantes medidas como en:

FEP. Copolímero fluorado etileno-propileno

Con propiedades al PTFE, puede ser trabajado por métodos convencionales

Resiste menores temperaturas que el "Teflón" (PTFE)

Se usa principalmente para recubrir cableados especiales como el de aviones.

CTFE. Policlorotrifluoroetileno

Presenta excelentes propiedades de permeabilidad y de barrera, mayor dureza y rigidez que la de sus parientes. Se usa en empaques y sellos para envases destinados a condiciones críticas, en especial de muy bajas temperaturas.

PVF. Polivinilideno fluorado

El más duro de los plásticos de fluorocarbón, aunque su resistencia es la más baja de la familia. Se usa principalmente para aislar cables de productos electrónicos y de uso de aviación; así como válvulas y tubos de aplicación industrial.

Puede procesarse con la mayoría de las técnicas importantes de transformación de plásticos.

5.- Procesos de Transformación

Si bien para la mayoría de los fluoropolímeros se aplican técnicas usuales de transformación, para el más común de todos, el PTFE esto no es posible ya que piezas así formadas son quebradizas, y que regularmente se debe a altas temperaturas de fusión necesarias para su procesado.

Se han desarrollado técnicas especiales para este material; el más común de ellos es el "sinterizado" que se describe;

1°. Se logra una forma provisional muy similar a la pieza final (preforma)

2°. Estas preformas se someten en horno a temperaturas cercanas a los 340° C, para así lograr la sinterización o la estructura sólida.

3°. Las piezas formadas se enfrían bajo condiciones perfectamente controladas para evitar fracturas por enfriamiento.

Probablemente las piezas así formadas requieren de ser maquinadas para lo cual se usan métodos muy parecidos a los de los metales.

6.- Producción y Consumo

En nuestro país no hay producción de este polímero por lo cual toda la demanda se satisface por medio de materiales importados.

El consumo del PTFE se dividió de la siguiente manera;

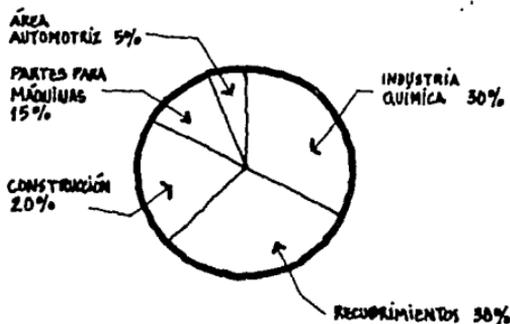


Figura 77. Segmentación del Mercado del "Teflón" (PTFE) en México.

21.- Cauchos naturales y Sintéticos

La descripción de la Naturaleza, propiedades y técnicas de transformación de los hules naturales y sintéticos puede ser por sí sola una materia aparte de los plásticos. Esto debido a que desde la extracción de la materia prima (para el caso de los naturales), las técnicas previas al formado, y las técnicas mismas del moldeo, deben cumplirse con diseños de maquinaria y condiciones de proceso particulares para estos materiales.

Estos hechos superan por mucho las intenciones generalistas de este texto más sin embargo, la creciente importancia Industrial de los Hules naturales y principalmente de los sintéticos obliga a una revisión de las materias primas disponibles en cuanto a sus características primarias y aplicaciones comunes que de ellos se hace a manera del diseñador industrial cuente con un firme punto de inicio en una investigación al respecto.

Para estos materiales romperemos el orden establecido en los anteriores plásticos y revisaremos un material a la vez:

1.- Caucho Natural o Hule Natural

El caucho natural o hule natural es extraído del látex de algunas especies tropicales en partículas de la "Hevea Brasiliensis" procedente de las selvas que rodean al río Amazonas, a estos árboles para extraerles el látex o sabia se les practican incisiones en la corteza a manera que al brotar el líquido se deposite en vasijas dispuestas para tal fin. Cada planta puede dar de 4 a 10 kg por año de látex lo que proporciona un 35% del hule industrializable, esta producción pequeña comparada con las cifras de producción del hule sintético han ubicado al caucho como un material artesanal con grandes variaciones en su disponibilidad en el mercado y sobre todo caro.

El Hule es un producto plástico muy blando, más ligero que el agua, impermeable con muy limitada respuesta a ataque químicos ya que es soluble ante gran cantidad de sustancias comunes como aceites, petróleo y éter.

Su conducta ante temperaturas críticas es de una resistencia muy limitada puesto que a 30° C y a los 50° C se hace pagajoso, por el otro extremo a 0° se hace quebradizo.

El hule natural se puede estirar hasta un 900% de su longitud original sin perder sus características en absoluto.

Todas estas propiedades que limitan el uso del Hule natural, cambian a través de diversas técnicas que producen materiales con características completamente diferentes.

La coagulación o endurecimiento del látex se hace de diversas formas;

La más antigua es la del "ahumado" que consiste en exponer el látex líquido a un humo denso producto de la combustión de ramas y hojas verdes. Una masa de hule para endurecer se coloca en una barra cerca del fuego y se hace girar hasta su coagulación después se aumenta una capa y otra para obtener una forma deseada.

Otra manera es agregando diversos ácidos en centrifugas que separan los sólidos del agua, por simple exposición al medio ambiente

Métodos modernos de coagulación son por un lado los eléctricos que en pocas palabras consisten en separar los sólidos dirigiéndolos por atracción magnética a un ánodo colocado dentro de una pileta, y el de torre con corriente de aire caliente donde se hace caer el material que así pierde humedad.

Posteriormente a estos procesos se lamina y se extiende en atmósferas controladas para que así terminen su secado, de esta manera obtenemos el "Hule bruto o crudo" que después es sometido a otras modificaciones para su utilización final.

Del Látex y su procesado se obtienen diversos tipos de caucho que se destinan a muy variadas industrias estos cauchos naturales son:

a).- Cauchos para llantas

Esta formulado con estabilizadores y cargas que son sumamente importantes para el producto final, como es el caso del negro de humo.

b).- Cauchos Modificados Químicamente

Por medio de sustancias específicas la estructura molecular puede cambiarse y con ellos sus propiedades obteniendo compuestos con propiedades previamente establecidas. La reacción más importante de estos materiales es sin temor a equivocarnos la "vulcanización"

La "vulcanización" consiste en hacer reaccionar al látex original promoviendo la creación de una fuerte estructura molecular tridimensional que mientras más compleja es mayor será la pérdida de plasticidad del hule aumentando su elasticidad.

Hay dos principales medios para realizar el vulcanizado;

a).- Vulcanizado sin la presencia de azúfre

Mediante la formación de radicales libres producto de sustancias iniciadoras de la reacción, se producen entrecruzamientos directos entre las moléculas que así forman una estructura de gran complejidad.

b).- Vulcanizado con azufre

La reacción consiste en establecer puentes de azufre entre las moléculas de látex donde en el calor y la presión juegan un papel primordial.

Así dependiendo de la cantidad de azufre implicado será la dureza y elasticidad del producto final, como ejemplo tenemos la "ebonita" que con un contenido de azufre que oscila entre el 30 y 50% obtenemos un producto duro y muy poco elástico usado como soporte de motores:

Las técnicas de producción para obtener objetos de hule vulcanizado son varias:

- En prensa hidráulica

Los materiales se colocan en moldes con la forma del objeto y son sometidos a un ascenso de temperatura, al mismo tiempo que se aplica presión por medio de una prensa.

- En autoclave

Los cauchos para transformar se colocan en preformas dentro de una autoclave el cual aplica altas presiones con vapor para después bruscamente enfriarse.

Además de estas técnicas existen otras de importancia relativa a campos muy especiales de poco interés para el diseñador industrial.

3.- Caucho Laminado

Muy importante para la Industria zapatera, y consiste en materiales que previamente formados en láminas son endurecidos por medio de chorros de agua caliente.

4.- Crepé café

Producto de coagulado natural sin modificarse al que simplemente ha endurecido con humo.

5.- Crepé pálido

Se aplican al látex agentes blanqueadores y se endurece con sustancias químicas como ácidos.

6.- Crepé blanco

Es prácticamente igual a los crepés pálidos pero la diferencia es su atractiva apariencia; se da secado a este material por chorros de aire caliente y no con humo.

7.- Cauchos técnicos

Se forman de gran pureza en sus látex y estricto control en su proceso

Generalmente se destinan a aplicaciones de Ingeniería. Se presentan en el mercado como pellets o bloques.

2. Hule Sintético

El hule sintético o elastómero se produce comercialmente a través de procesos de polimerización de polímeros sencillos o de copolímeros.

Así tenemos hules sintéticos:

- De la polimerización de olefinas como el Isobutileno
- De la polimerización de diolefinas como el Butadieno e Isopreno
- De la copolimerización de dos olefinas diferentes como el Etileno Propileno.
- De la copolimerización de olefinas y diolefinas como Estireno-Butadieno

Los tipos de cauchos sintéticos más usados en la Industria son los siguientes:

a).- Caucho Isopreno

El caucho Isopreno o poli-isopreno es el sintético más cercano al hule natural (látex) y ya los sustituye en gran cantidad de aplicaciones. El espectacular aumento en los usos de este elastómero se debe principalmente a su buena competitividad en los costos que muestra y su principal aplicación se da en la Industria Automotriz.

b).- Caucho Estireno-Butadieno (SBR)

Este elastómero también se conoce como caucho "GR-S" o "Buna-S" y se pueden clasificar en dos, calientes o fríos de acuerdo a su temperatura de polimerización. O bien también se puede dividir por el porcentaje de sólidos presentes en el material así a manera de ejemplos; elastómeros de SBR con bajo contenido de sólidos se emplean junto con saborizantes y aromatizantes en la fabricación de "chicles" y SBR con alto contenido de sólidos se usan para producir objetos con alta resistencia al impacto.

El SBR además tiene un sinúmero de importantes aplicaciones como lo es la fabricación de llantas para el recubrimiento de cuerdas, en la fabricación de calzado, empaques, en la formulación de pinturas y en papeles como recubrimiento.

c).- Caucho Butadieno (BR)

El polibutadieno es un elastómero con propiedades muy semejantes a las del hule natural y usualmente se vende como sustituto de este.

Este material paulatinamente ha ido ganando mercado entre los cauchos sintéticos por varias razones; como producto petroquímico su abasto es de una aceptable regularidad, polimeriza fácilmente, acepta sin mayor problema la copolimerización con otros monómeros y se mezcla en forma estable con otros elastómeros e inclusive con hule natural.

Más del 70% de la producción mundial de polibutadieno se destina a la fabricación de todo tipo de llantas en la banda de rodado, para este fin se mezcla con SBR o hule natural lo que le da diferentes grados de elasticidad al material, propiedades que se aprovechan en distintos tipos y calidades de llantas.

d).- Caucho-Butilo (IIR)

Este material es un copolímero de Isobuteno con pequeñas cantidades no mayores del 3% de Isopreno.

Muestra gran resistencia a la abrasión y al calor por lo cual se aprovechan para fabricar llantas suaves y cámaras de llanta, principal aplicación de este material.

e).- Caucho de Bromo-Butilo (BIIR)

Se obtiene modificando con Bromo el Caucho Butilo lo que hace de este material uno de gran resistencia a altas temperaturas y de lento envejecimiento en estas condiciones por lo que se le usa ampliamente en mangueras para motores y para la Industria Química.

f).- Caucho de Cloro-Butileno

La reacción de Isopreno con cloro e Isobutileno genera caucho de Cloro-Butileno que en especial se usa como participante de la vulcanización de la Industria Hulera.

g).- Neopreno

Estos hules sintéticos resultan de la polimerización del cloropreno y resultan entre los elastómeros de mayor importancia industrial por su alta resistencia química, al calor y a la flama. Además de su capacidad de copolimerizar lo que hace posible una amplia gama de neoprenos copolímero. De entre ellos sobresalen:

Los "Neoprenos copolímeros con ácido metacrílico o con acrilonitrilo" que aportan productos de excelentes propiedades de estabilidad química, mecánica y buena resistencia a esfuerzos prolongados.

Se usan en especial para fabricar recubrimientos y aditivos para adhesivos.

También el neopreno se usa para la producción de bandas automotrices, mangueras y tubos semirrigidos para cableado.

h).- Caucho Etileno-Propileno (EPR)

Este copolímero se usa en especial para la producción de recubrimientos de alambre y cable además participa con buenos porcentajes del total generado en la fabricación de cámaras para llantas.

Es un material confiable para trabajo en condiciones difíciles de temperatura y fricción con gran ligereza.

En menor cantidad se dan aplicaciones en la Industria Automotriz como material para mangueras y cañuelas para puertas y ventanas.

i).- Caucho Nitrilo

Son copolímeros de Butadieno y Acrilonitrilo con buenas propiedades de dureza y elongación a la vez que magnífica resistencia a altas o bajas temperaturas, por lo que se aplican en artículos sometidos a ambas condiciones como mangueras sellos de aviación, llantas de aeronaves y retenes para rodamientos.

Todos los anteriores cauchos sintéticos podemos considerarlos como "modelos generales" ya que pueden y de hecho lo son, ser modificados para obtener propiedades mejoradas en ellos.

Existen además una buena cantidad de elastómeros para usos especializados de los cuales se mencionan algunos:

Hule Acrílicos

Estos elastómeros se fabrican a partir de acrilatos principalmente, y muestran una excelente resistencia al calor y a los químicos por lo que se usa en sellos, empaques y mangueras para la Industria.

Poliétilenos Clorosulfonados

De la reacción del polietileno cristalino y cloro se obtienen estos elastómeros los que ofrecen magnífica resistencia al calor, al calor y a sustancias corrosivas, es además fácilmente mezclable para mejorar sus propiedades.

Sus aplicaciones se dan en recubrimientos de cables y alambres, partes automotrices y bandas transportadoras.

Elastómeros de Eter Copolíster

Son materiales de gran resistencia química, a la abrasión y de gran estabilidad al calor. Sus aplicaciones se dan en la Industria Automotriz en especial para mangueras y juntas en contacto directo con combustible.

Polímeros Fluorados

Estos materiales contienen flúor que aporta importantes características que se reflejan en el producto

final; magnífica resistencia al calor, a los químicos y a los factores de la Intemperie, además de excelentes propiedades mecánicas.

Se usan como juntas, empaques y mangueras para servicio pesado en motores navales y equipos de perforación.

Polisulfuros

Son materiales que sobre todo ofrecen una baja permeabilidad, buena resistencia ambiental y a químicos. Sus propiedades a bajas temperaturas son excelentes y se usan en la fabricación de juntas y adhesivos especiales.

Elastómeros termoplásticos en bloque

Se basan en el Poliestireno y el Polibutadieno formulados de muchas maneras con cargas y aditivos, ofrecen así una multitud de propiedades sus principales aplicaciones son en suelas de zapatos tenis, juguetes, adhesivos y recubrimientos.

Ante la grandísima variedad de elastómeros naturales y sintéticos, así como la similitud de propiedades donde las diferencias son sutiles en muchos casos, la selección de un material de este grupo depende de un detallado estudio de requerimientos, mezclas y aditivos posibles y en especial los precios de la materia prima vigentes.

22.- Aditivos para materiales Plásticos

Aditivo para materiales plásticos, lo referimos para su uso posterior como, las sustancias que agregadas a los plásticos modifican las propiedades originales de ellos.

La mezcla de aditivos y plásticos obedece a uno de dos objetivos o bien a los dos de manera simultánea:

-Adecuar o mejorar las propiedades originales que como material simple ofrece una resina, para una aplicación o grupo de aplicaciones determinadas.

-Facilitar la transformación de los materiales plásticos a los que se aplique.

Los aditivos se ofrecen a la Industria transformadora de dos maneras, una a través de plásticos formulados por la planta química o bien para su mezcla en la Industria Transformadora. La primera es la más usual ya que la formulación requiere de gran habilidad y experiencia, además de un profundo conocimiento del material referido al uso final del producto a formar, así como las técnicas y maquinaria involucradas en el proceso.

Clasificamos a los aditivos así:

**Aditivos de Proceso, y
Aditivos de función en el producto.**

22.1.- Aditivos de proceso

Estos aditivos de Proceso tienen como función principal, mejorar o generar conductas en los plásticos que facilitan su transformación en productos finales, acelerando su producción y protegiendo las máquinas involucradas.

Los aditivos más usados son los siguientes:

22.1.1 Lubricantes

Estos Aditivos son de suma importancia en la Industria y se dividen en tres grandes categorías todas ellas destinadas a facilitar la procesabilidad de los plásticos a los que se agregan:

a).- Lubricantes externos

Trabajan cooperando a deslizar los plásticos en el interior de las máquinas disminuyendo la adhesión a las paredes de la misma, abatiendo la fricción del metal con la superficie del material y favorece una rápida expulsión de la pieza desde las herramientas de moldeo.

b).- Lubricantes Internos

Funciona a nivel molecular al facilitar el deslizamiento de las cadenas entre sí los que disminuye la fricción, esto hace que bajen las temperaturas del proceso protegiendo las propiedades originales de la resina.

c).- Recubrimientos mixtos

Cubren ambas tareas simultáneamente, lo que hace que estos sean los más usados por los transformadores.

22.1.2 Antioxidantes

La función de los antioxidantes es mantener o extender la vida útil de proceso de transformación y la aplicación del objeto fabricado. En especial en las dos primeras etapas el material es sometido a altas presiones, temperaturas elevadas y radiaciones de diferentes tipos e intensidades, estos fenómenos

pueden ser el inicio de la degradación del material que se refleja fácilmente a través del envejecimiento de la pieza.

Una correcta selección del antioxidante a usar en una aplicación depende de muchos factores entre ellos; su precio, compatibilidad con la resina, resistencia a migrar del material receptor y efectividad en su función.

Cada uno de ellos deberá ser cuidadosamente valorado.

Prácticamente todos los plásticos comerciales están formulados con diferentes aditivos entre ellos los antioxidantes. Los grandes consumidores de estos productos son; el ABS que requiere estabilidad química durante su procesado, el polipropileno, los polietileno que necesitan protección en sus películas y usos de larga vida útil, y el poliestireno que envejece rápidamente tomándose quebradizo.

22.1.3 Estabilizadores al calor

Estos aditivos son usados casi exclusivamente por el PVC el cual puede fácilmente dañado en sus propiedades por el calor e irradiaciones presentes en su procesado. Esto obliga a formular las resinas con estabilizadores al calor, que retarda la degradación permitiendo al PVC conservar sus conductas originales a la vez que fácilmente su reciclado.

22.1.4 Agentes deslizantes

Procuran una buena lubricación a la superficie del material durante e inmediatamente después del formado. Cuando los plásticos están en su proceso de transformación cooperan como lubricantes internos para después migrar a la superficie lo que disminuye significativamente el coeficiente de fricción del material.

Son muy usados en la producción de película para evitar el fenómeno del "pegado" (que ocasionalmente podemos notar en las bolsas de polietileno).

Mejora las características antiestáticas del plástico y la repelencia a agua y gases aumenta.

Las resinas que con mayor frecuencia usan este aditivo son el polietileno y el PVC.

22.1.5 Modificadores de flujo

También conocidos como "ayudas de proceso" aceleran de manera importante el proceso de fusión del material en el interior de la máquina, lo que mejora la fluidez del material en forma controlable para aumentar la rapidez de producción.

22.1.6 Modificadores de viscosidad

Pueden actuar de dos maneras, reduciendo o aumentando la viscosidad del plástico a transformar lo que permite obtener un mejor control del proceso.

Son especialmente apreciados en la fabricación de artículos de resinas plastificadas de PVC como plastisoles y organosoles, ya que cualquier error en su manejo trae aparejado una pérdida en el control de la viscosidad.

22.1.7 Desmoldantes

Son sustancias que aplicadas a las paredes de los moldes permiten una más fácil eyección de las piezas formadas.

Estos aditivos incluyen ceras, silicónes y plásticos fluorados entre otros y se pueden aplicar manualmente o en aerosol aunque también hay desmoldantes de larga vida los cuales se adhieren firmemente a las paredes del molde por largos períodos de tiempo.

22.2 Aditivos de Fusión en Producto

Imparten o mejoran las propiedades originales de un plástico a la vez que proporciona elementos a ellos, para ofrecer una buena respuesta a los factores del ambiente como el sol, humedad, acidez, fuego y micro organismos entre otros muchos más.

Los aditivos más usuales y sus características son las siguientes:

22.2.1 Absorbedores de luz ultravioleta

El sol y fuentes superficiales de iluminación emiten radiaciones ultravioleta (UV) que aceleran la degradación o el envejecimiento prematuro de los materiales plásticos lo cual se traduce en decoloración, amarillamiento, fragilidad y en términos generales pérdida paulatina de cualidades.

Los aditivos absorbedores de rayos UV detienen o retardan esta degradación permitiendo un mejor aprovechamiento de los materiales en áreas donde largos períodos de exposición son inevitables como son la agricultura intensiva, la construcción e industria automotriz.

A los absorbedores de rayos UV se les llama comúnmente estabilizadores UV y son las polifenoles las que mayor cantidad de estas sustancias consumen.

22.2.2 Agentes de acoplamiento

Estos aditivos tienen la función de promover mejores alcances entre materiales inorgánicos como las cargas y los plásticos. Esta mejor unión de plásticos y cargas minerales trae aparejada mejores propiedades para la resina como resistencia mecánica, absorción de humedad y resistencia química.

22.2.3 Agentes antibloqueo

Se usan para evitar que las películas de plásticos (especialmente polietileno, propileno y PVC) se adhieran entre ellos mismos bajo una presión constante.

22.2.4 Agentes antiestáticos

Los plásticos generalmente son muy malos conductores de la electricidad por lo cual tienden a guardar cargas estáticas de energía que ya formados pueden provocar desde fenómenos curiosos como en la atracción de polvo o pequeñas partículas, hasta peligrosas chispas que bajo ciertas condiciones pueden ser catastróficas. Los agentes antiestáticos provocan que estas cargas acumuladas se disipen en el ambiente.

Estos aditivos son de gran utilidad en la industria eléctrica y electrónica donde las cargas antiestáticas pueden dañar o deteriorar a los equipos ahí fabricados.

Existen dos posibilidades para aplicar estos agentes antiestáticos una, como "agentes internos" que se agragan al material durante el proceso de formado. Y los "agentes externos" que son recubrimientos que se aplican a la pieza después de que ha sido procesada.

22.2.5 Agentes aromatizantes

De gran moda resultan los productos plásticos que despiden agradable aromas principalmente de frutas. Lo que hace esto posible son los aditivos que con ese fin se agragan a los plásticos y que también son productos de la petroquímica; como ejemplo tenemos algunas sustancias y aromas que ellas liberan

Acetato de Amilo plátanos
 Acetato de Isoamilo peras
 Acetato de n-octilo naranjas
 Acetato de feniltilo rosas

22.2.6 Agentes de Espumado

Los plásticos espumados o espumas sintéticas son materiales que día a día ganan terrenos en campos como la industria, construcción, decoración y usos domésticos. rígidos o flexibles se logran a través de agentes de espumado. Estos son dos tipos:

a).- Agentes químicos de espumado

Son los espumantes de mejor calidad de producto ofrecen por su uniformidad, se muestran como sólidos que se descomponen a determinadas temperaturas liberando gases que forman microestructuras en los plásticos en los que se ha liberado o mezclado.

b).- Agentes físico de espumado

Estos son gases que se aplican a los plásticos en algún momento de su transformación lo que genera huecos que al solidificarse forman redes de micro-estructuras.

Es posible caso espumar cualquier plástico pero los más comunes en el mercado son de polietileno, PVC, poliuretano, poliestireno, EVA, ABS y Nylon.

22.2.8 Agentes de entrecruzamiento

Mejoran las propiedades de resistencia eléctrica y a los factores del medio ambiente, a través de fomentar la formación de puentes de entrecruzamiento entre moléculas. Se aplican en polietileno para aplicaciones agrícolas, EVA, ABS, y poliestireno.

22.2.9 Cargas

Son materiales que se mezclan a los polímeros con el fin de aumentar el volumen del compuesto y abaratar su costo. Este, el rol tradicional de las cargas, se ha visto modificado ya que estos materiales muchas veces son empleados para obtener una cierta propiedad de que la resina por sí sola adolece funcionando como aditivo y no como carga, lo que deja en un segundo plano la intención de abaratar el producto.

Por su volumen las cargas son los aditivos más usados en la industria puesto que se emplean en casi todos los plásticos y en prácticamente en toda aplicación:

Las cargas proceden de dos orígenes, de materias orgánicas o de materiales inorgánicas;

Las cargas orgánicas.

Reducen significativamente el costo de las piezas ya que son muy económicos. Moderan además la contracción de molde.

Por otro lado las cargas orgánicas aumentan la rigidez reduciendo su respuesta al impacto, y al medio ambiente.

Las cargas orgánicas más comunes son harina de madera, corcho, cáscara de nuez y cacahuete, fibras de algodón y celulosa.

Se destinan principalmente a mezclas de termofijos y en mucho menor medida con termoplásticos.

Las cargas inorgánicas

Mucho más caras que las orgánicas, estas cargas aumentan la resistencia a la tensión y a la comprensión, al mismo tiempo que mejoran la resistencia química y eléctrica del material receptor de la carga.

Sus desventajas son un aumento en la rigidez y una disminución en su respuesta al impacto, también el desgaste que generan en la maquinaria y moldes es mayor comparado al que produce la resina original.

Las cargas inorgánicas principales son: negro de humo, arena sílica, asbesto, fibra de vidrio, talco, alúmina, microesferas de vidrio y carbonato de calcio entre otros más.

22.2.10 Deactivadores de metales

Estos pocos conocidos aditivos se aplican para inhibir la acción de descomposición que al oxidarse producen los metales en contacto con los plásticos y que acelera la degradación de estos últimos.

Los metales pueden estar en contacto con plásticos como cargas, pigmentos o sujetadores como tornillos y remaches.

Un caso típico de esta situación es la del recubrimiento de cables donde estos aditivos encuentran su mayor aplicación.

22.2.11 Fungicidas

En la mayoría de los plásticos por sí mismos no son campos para el desarrollo de hongos y bacterias, pero puede ser que un componente de la formulación si lo sea, este es el caso del plastificante del PVC que al ser atacado por microorganismos sufre algún grado de descomposición evitar el desarrollo de estos es la función de los fungicidas.

Estos aditivos son especialmente importantes en el envasado de alimentos.

22.2.12 Intensificación de brillo

También llamados "blanqueadores", incrementan el brillo y la intensidad de los colores de los plásticos lo que se aprovecha para disminuir al amarillamiento que se presenta en algunos plásticos por la degradación térmica o ambiental.

22.2.13 Plastificantes

La rigidez y dureza caracterizan a muchos polímeros lo que puede ser superado mediante el uso de aditivos de plastificación o plastificantes tal es el caso del PVC que por su naturaleza es duro y quebradizo. Al agregársele plastificantes este se vuelve blando, flexible y tenaz.

Podemos resumir que la función de un plastificante es ofrecer un material a temperatura ambiente, con las características como si se encontrará a una temperatura mayor.

Tres son las categorías de plastificantes:

a).- *Plastificantes internos*

En pocas palabras hablamos aquí de un copolímero ya que se usa un comonomero para provocar una alteración del polímero por plastificar tal es el caso del poliestireno que se plastifica con un hule polibutadino.

b).- *Plastificantes externos*

Son los más comunes entre los plastificantes y son sustancias que trabajan sin modificar la arquitectura molecular del polímero receptor.

c).- *Plastificantes poliméricos*

Son poliésteres completamente saturados que se emplean para ablandar a otros plásticos y se caracterizan por su poca volatilidad migrando al ambiente.

Más del 85% del total de plastificantes que se producen se usan en la formulación del PVC, aunque también se usan en nylon y los celulósicos frecuentemente.

22.2.14 Pigmentos y colorantes

Estos aditivos se emplean para dar color a los plásticos. Entre Pigmentos y Colorantes hay una diferencia substancial y es que en los "Pigmentos" se producen plásticos colorados de gran opacidad, mientras que con los "Colorantes" se obtienen plásticos con color y transparencia.

Como en el caso de otros aditivos el éxito al colorear a un plástico y que permanezca de esa manera depende de la correcta selección y aplicación en el plástico receptor.

Muchos plásticos son por sí mismos incoloros y fácilmente coloreables otros son sumamente limitados en su capacidad de ser coloreados (algunos termofijos). El coloreado de plásticos implica una gran posibilidad de uso para el diseñador a la cuál habría que agregar recientes aplicaciones en voga como son el coloreado "metálico" de plásticos o las imitaciones de nácar o perlas, las cuales requieren para la obtención de resultados satisfactorios de habilidad y experiencia por parte del transformador y los operarios.

22.2.15 Modificadores de impacto

Son aditivos cuya función es aumentar la resistencia de los plásticos, NO son plastificantes, puesto que su aplicación no se refleja en una mayor suavidad del material que los recibe.

Se dan dos tipos de modificadores de impacto:

a).- *Poliméricos*

Es el hule que se le agrega a los polímeros donde se asume que la energía de un impacto la absorbe el elastómero, los hules más usados para funcionar como modificadores de impacto son el estireno-butadino y el polibutadino.

b).- Reforzados

Son cargas o materiales de refuerzo, como ejemplos están el sisal y la fibra de vidrio. Dan pie a los "plásticos reforzados".

22.2.16 Retardantes a la flama

Para aplicaciones como aparatos eléctricos o cables resulta de gran importancia evitar o retardar al máximo la propagación de la flama en casos de incendio, esta función la realizan los retardantes de flama.

22.2.17 Supresores de humo

Algunos plásticos al arder dejan escapar gran cantidad de humos que pueden ser peligrosos si se concentran en un lugar cerrado. Los supresores de humo o depresores de humo reducen en diferentes porciones, según el tipo de plástico este fenómeno.

23.- Mezclas y Aleaciones

Con el progreso de la Tecnología y de la Ciencia de los Polímeros la comprensión sobre los materiales plásticos ha avanzado a pasos agigantados, el primero fue producir los ya disponibles en cantidades suficientes para la demanda que crecía en forma incesante, después la obtención de polímeros para las necesidades y no de polímeros en busca de necesidades como fue en su origen.

La lucha por satisfacer mercados más especializados y contando con un listado de materiales plásticos, se dirigió a la creación de materiales nuevos por medio de cargas y aditivos lo que generó una enorme cantidad de marcas comerciales las cuales apenas si se diferencian una de otra por pequeñas variaciones en sus propiedades y más de una vez sólo por el nombre.

No obstante contar con un surtido de materiales impresionante, el mercado actual plantea requerimientos que no es posible satisfacer por medio de cargas o aditivos. La solución a esto ha sido la generación de nuevos plásticos que resultan de la combinación de varios de ellos por medio de técnicas diversas que buscan obtener nuevas propiedades o mejorar en forma balanceada las originales. Estos materiales se designan como Mezclas y Aleaciones. Estos deberán cumplir con tres objetivos para tener éxito:

- 1.- Cumplir con los requisitos en base a los cuales se han formulado
- 2.- Presentar una razonable relación de costo del material y los resultados obtenidos.
- 3.- Ser fácilmente procesables

Aunque en apariencia son muy semejantes las Mezclas y las Aplicaciones tienen radicales diferencias que los ubican en aplicaciones particulares.

23.1 Mezclas

Son combinaciones físicas de materiales, esto es que no se modifica la estructura original de ellos. Es otras palabras es suma de materiales donde se obtienen promedios en sus propiedades.

En México el uso de mezclas como un material con un lugar propio en la Industria son todavía desconocidas, ya que aunque se encuentran en el mercado en forma comercial los procesadores en base a su experiencia realizan algunas mezclas dentro de la misma planta. Las combinaciones más comunes son: PELD / PEHD, PELD / PP, PP / PEHD y PS / PMMA.

23.2 Aleaciones

Las aleaciones son materiales de poca difusión aún pero de creciente importancia en la Industria Mundial de los Plásticos. En nuestro país son prácticamente desconocidas debido a que la Industria Nacional de los Plásticos se ha orientado hacia los mercados de grandes volúmenes y no a las de especialidades o de Ingeniería, más es seguro (porque así lo planteará la competencia Internacional) que pronto estarán aquí.

Estos materiales están dirigidos a satisfacer necesidades sumamente específicas como resistencia al impacto excepcional, altas temperaturas de trabajo o dureza similar a la del acero. Hay que señalar que NO se dirigen a abaratar costos.

A diferencia de las Mezclas, las aleaciones:

- Son combinaciones de polímeros a nivel molecular, es decir combinan químicamente.
- No resulta un promedio de las propiedades de los plásticos involucrados en la reacción. En ocasiones llegan a superar las propiedades originales de un plástico o de ambos.
- Pueden resultar de la combinación de mezclas y homopolímeros y copolímeros.
- Comúnmente requieren de la presencia de agentes de acoplamiento en la reacción los cuales facilitan una buena unión entre los materiales que participan.

Las aleaciones de mayor uso son:

ABS / PC

Ofrecen buena dureza y un muy balance de propiedades físicas con muy buena resistencia al calor.

ABS / PVC

Se destina a usos donde se requiere buena estabilidad dimensional a altas temperaturas y, buena resistencia al impacto a bajas temperaturas.

Aleaciones de Policarbonato

El Policarbonato puede combinarse en aleaciones con poliolefinas, poliésteres, acrílicos hules y copolímeros.

Ofrecen estos materiales buena resistencia química y al impacto. Se usan principalmente en aplicaciones automotrices como defensas y partes de carrocería.

Aleaciones del Nylon

Presentan una extraordinaria resistencia al impacto y un menor porcentaje de absorción de humedad comparada con el homopolímero a la vez que resisten con estabilidad con altas temperaturas.

Se aplican en herramientas de mano, partes eléctricas y automotrices.

Aleación de termofijos

Si bien sus aplicaciones son pocas también es posible la obtención de aleaciones de resinas fenólicas, epóxicas y elastómeros termofijos.

Citas bibliográficas.

Las gráficas que aquí aparecen se lograron en base a la información contenida en:

Instituto Mexicano del Plástico Industrial (IMPI)

Anuario Estadístico del Plástico: 1988

IMPI, México 1989

Asociación Nacional de la Industria Química A.C (ANIQ)

Anuario de la Industria Química Mexicana 1988-1989

ANIQ, México 1990

CAPÍTULO X

LOS PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN

Introducción

Aquí se describen las técnicas más usuales para transformar los plásticos en productos o partes de productos. Cada técnica expuesta puede tener en la realidad, una multitud de variantes más sin embargo sus fundamentos son siempre los mismos. Estos son los que nos ocuparán.

Hemos incluido tres técnicas normalmente desaparecidas por la literatura especializada. Nos referimos a las técnicas para la resina poliéster reforzada (apartado 13 de este capítulo), las relacionadas con el espumado de plásticos (apartado 7) y el cada día más importante "Moldeo por Inyección RIM" (apartado 10). Todas de interés para el diseñador industrial.

Los puntos que se exponen para cada técnica son:

1.- Productos usualmente fabricados con la técnica

Por medio de la asociación producto-proceso, cooperará a una más rápida comprensión de las aplicaciones del proceso.

2.- Descripción General

En pocas palabras a manera de aproximación expone en que consiste el proceso.

3.- Valoración del Proceso

Señala las ventajas que ofrece y que la puedan calificar o no para una aplicación determinada. sus puntos son:

- *Razones Importantes para su uso* , y

- *Desventajas Notables.*

4.- Materiales adecuados para el Proceso

Aquí se enumeran los materiales que usualmente se transforman a través del proceso en cuestión aunque también se mencionan (si así es el caso) los plásticos susceptibles de trabajarse con dicho proceso aunque esto sea inusual.

5.- Procedimiento

Se describe con mayor detalle el accionamiento típico de la maquinaria y de las variantes más importantes de las mismas.

1.- Extrusión

1.1 Productos usualmente fabricados con esta Técnica

- Película y láminas
- Perfiles de todo tipo y forma
- Barras, tubos y fibras
- Recubrimientos de cable y alambre
- Pellets y granos de plástico

1.2 Descripción General

Es en nuestro país el proceso más usado en seguida de el moldeo por inyección y consiste en la alimentación de material prima en forma de grano o Pellet, a una máquina llamada "extrusora" o "extruder". Esta dispone en su interior de una cámara de alta temperatura calentada por diversos medios, ahí se encuentra un tornillo con varias formas el cual con sus giros transporta el material a lo largo de la cámara mientras, este se plastifica. Finalmente gracias a la presión ejercida por el tornillo el plástico es obligado a pasar a través de una herramienta la cuál le da la forma deseada y que usualmente se le denomina "dado". La pieza ya fuera de la máquina el material se verá "estirado" lo que le aporta buenas propiedades en el sentido en que se realice la extensión.

1.3 Valoración del Proceso

Razones importantes para su uso

- Una vez arrancado el proceso su producción es continua a diferencia de otras técnicas cíclicas como la inyección.
- Ofrece buena disposición para obtener piezas difíciles o incosteables por otro medio.
- Los costos de "dados" y otras herramientas suelen ser comparativamente más económicos que otras de diferentes procesos.

Desventajas Notables

- El costo de las máquinas extrusoras y el equipo "periferico" que necesita es usualmente elevado.
- Los productos obtenidos por extrusión son las más de las veces materiales que requieren de otra transformación para llegar a su uso final.

1.4. Materiales adecuados para el Proceso

Por las características de la técnica prácticamente todos los termoplásticos pueden ser transformados así.

1.5. Procedimiento

El proceso de Extrusión convierte materiales plásticos en una masa continua a la cuál se le da forma por medio de una herramienta o dado.

En la práctica toda la técnica gira alrededor de la máquina extrusora (ver figura 78).

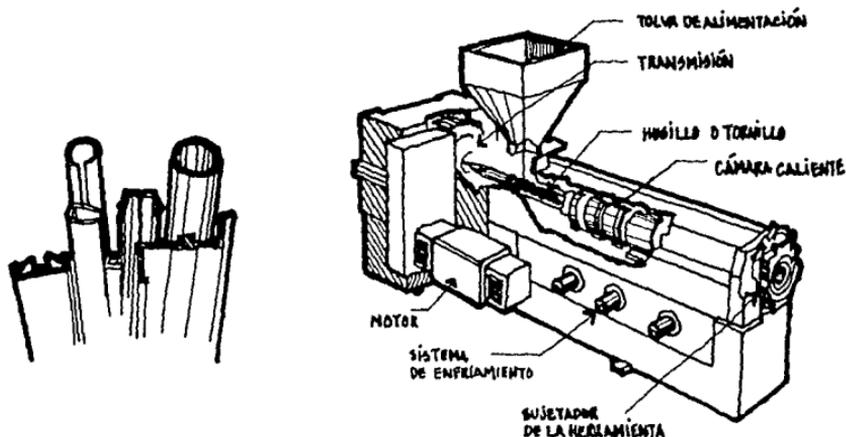


Figura 78. Corte esquemático de una máquina extrusora común y se acompaña con la ilustración con algunos productos típicos del Proceso.

Una clasificación de máquinas extrusoras es la que se realiza en base a sus sistema de impulsión del material:

Máquinas Extrusoras	<ul style="list-style-type: none"> De husillo o tornillo simple De husillos múltiples De pistón
---------------------	--

Las extrusoras de pistón son de poca aceptación en la Industria principalmente por la poca producción que generan comparandolas con aquellas de husillo(s). Así las máquinas de tornillo u Husillo por su difusión en el medio, su mayor producción, acelerando el desarrollo tecnológico y disposición en el mercado son por mucho las de mayor utilización por lo cual será motivo de particular revisión.

1.5.1 Extrusoras de husillo

Esta es la más común máquina de extrusión en la industria y se designan por la relación de dos dimensiones; una el diámetro del husillo y otra, la longitud del mismo. Esto, a manera de ejemplo si tenemos un husillo con 50 mm de diámetro y una longitud de 1000 mm la relación será:

$$\frac{\text{longitud}}{\text{diámetro}} = \frac{1000}{50}$$

Relación de husillo 20 : 1

No resulta difícil distinguir al husillo como la parte más importante de la extrusora ya que todos los requerimientos técnicos de la máquina y su diseño, nacen de éste: velocidad de giro, geometría y fricción que produce el roce del material con las paredes de la cámara caliente y la superficie del husillo. (figura 79).

A lo largo de su camino por el husillo los plásticos atraviesan tres estados físicos; Sólido, Conglomeración del material sólido con la masa caliente y, finalmente se transforma en masa fundida. Varía para cada material el tiempo y presión que se debe aplicar en cada etapa por lo cual existen

diseños muy especializados de husillos, esto es de suma importancia ya que el procesado de extrusión propiamente dicho, depende de la temperatura del husillo, su diseño y de las temperaturas de la cámara caliente.

Las medidas comerciales de los husillos oscilan entre 2 y 8 pulgadas de diámetro aunque es frecuente encontrar piezas de 3/4 de pulgada que en otros países son consideradas apropiadas sólo para laboratorio. Las longitudes usuales se muestran alrededor de las 24 pulgadas con relaciones de extrusión L/D entre 5:1 y 34:1.

Abajo se muestran algunos diseños de husillos propios para varios usos y materiales.

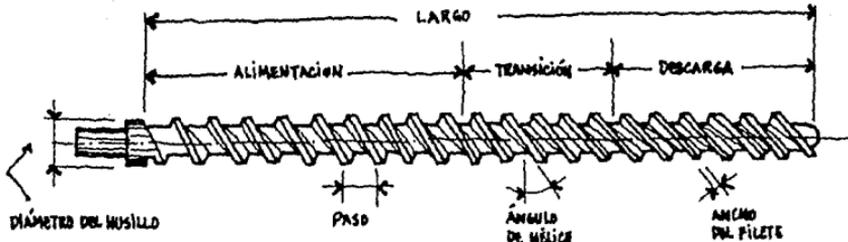


Figura 79. Principales partes de un husillo típico.

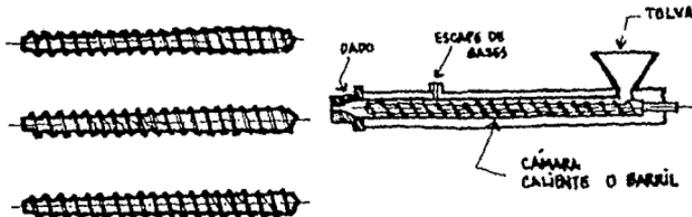


FIGURA 80. Diversos diseños de husillos para termoplásticos

La "Cámara caliente, cilindro o barril" de la máquina es una parte de gran importancia de la misma ya que se encarga de suministrar buena parte del calor necesario para ablandar o plastificar el material. Este normalmente es un tubo grueso fabricado en acero de alta calidad capaz de resistir sin merma de sus propiedades las temperaturas y presiones que se manejan. En un extremo del cilindro se ubican los sistemas de alimentación y al final del mismo los elementos de sujeción del dado y el dado mismo.

Las temperaturas para un correcto proceso del material no son las mismas a lo largo del cilindro, por lo cual se provee a la máquina de sistemas de calentamiento y de refrigeración.

Los cilindros son de diferentes modelos y se tipifican por su construcción, de una o de varias piezas, por los sistemas de calefacción usados que pueden ser circulación de agua, vapor o sistemas de resistencias (el más común), y por su forma de refrigeración; por circulación de agua, aire humidificado y aire seco.

Las máquinas extrusoras cuentan con controles automáticos de temperaturas que programadas de acuerdo al proceso, calientan o enfrían las diversas partes del cilindro.

Las fuentes de poder para al accionar de la extrusora la forman motores eléctricos de corriente alterna conectadas a robustas cajas de cambios que permiten variar la velocidad de operación de la máquina, que es necesario una extrusora que se rente en maquila de diferentes materiales y formas. La velocidad de rotación de un husillo común se situa entre 50 y 150 revoluciones por minuto.

1.5.2 Extrusoras de dos o más Husillos

Las máquinas extrusoras de un sólo Husillo resultan las más populares en nuestro país y en el mundo debido a su perfecta adaptación a productos de gran consumo como mangueras y perfiles, además de una obvia simplicidad tecnológica y de operación comparada con máquinas que trabajan con dos o más husillos. Sin embargo estas últimas ofrecen grandes ventajas las cuales son su adecuación al manejo de grandes producciones, mejor mezclado y coloración uniforme, mejor manejo de materiales que absorben humedad y de los gases que se generan en el proceso.

Las máquinas multihusillos ofrecen una gran cantidad de variables y por las cuáles se clasifican; Por la cantidad de husillos (usualmente 2 o 4), por el funcionamiento de uno contra otro y sentido de sus giros geometría de los husillos, pasos de los husillos para alcanzar la presión y plastificación necesarios, tipo de cilindros, etc. Todas estas particularidades pueden combinarse de muchas maneras lo que genera una gran variedad de máquinas en el mercado.

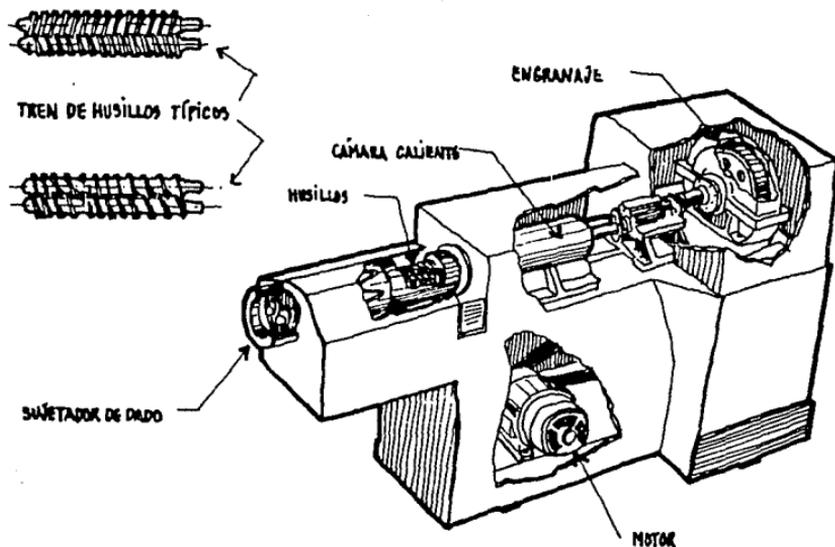


Figura 81. Esquema de una extrusora de dos tornillos y algunas disposiciones de estos dentro de la máquina.

Las extrusoras múltiples husillos se pueden aplicar a todo tipo de termoplásticos y sus usos más comunes se dan para fabricar tubos de grandes diámetros (normalmente de PVC) y para el trabajo de materiales plásticos muy sensibles, los que no pueden ser calentados a muy altas temperaturas ni por mucho tiempo.

Resulta útil mencionar, por la importancia que tiene en la obtención de productos de varios colores en el mismo proceso, a las extrusoras **VERTICALES**.

Las extrusoras verticales ofrecen las siguientes ventajas; eliminan flujos de material no deseados que se deben a posición original de la extrusora (horizontal) y segundo, como estas se encuentran en varios tamaños desde muy pequeñas hasta grandes que puedan funcionar como una extrusora auxiliar para obtener productos a través de un sólo dado lo que da así se desea perfiles de varios colores o de propiedades combinadas llamadas también "coextrusiones". (figura 82. abajo)

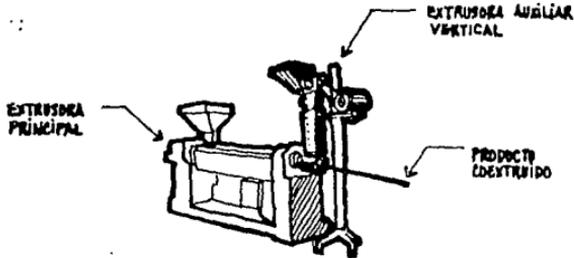


Figura 82. Combinación de extrusoras: Extrusora principal horizontal y extrusora auxiliar vertical.

1.5.3 Procedimientos de extrusión para productos específicos

1.5.3.1 Fabricación de Perfiles

Después de salir del dado el perfil para ser enfriado es jalado a través de timas de agua que los solidifican, hay que señalar que los perfiles obtenidos frecuentemente son diferentes en alguna medida con la forma de el dado. Esto se debe a que las contracciones que sufre el material y a la pérdida de humedad del mismo, lo que obliga a diseñar un perfil contar con la asesoría de un técnico experimentado en los ajustes necesarios.

1.5.3.2 Fabricación de tubos

Es poca la diferencia del proceso de extrusión de perfiles a la de extrusión de tubos exceptos que la forma por procesar es hueca y redonda. El punto más crítico en la fabricación de tubos es la obtención de paredes uniformes que ayudan a una correcta aplicación final.

La fabricación de tubos consiste en la extrusión del mismo que justo al salir del dado debe ser absorbido por una fuerza de vacío obligando al plástico a tomar con exactitud la forma marcada por el sistema de aspirado, el cual se encuentra justo junto al dado. (figura 83. abajo)

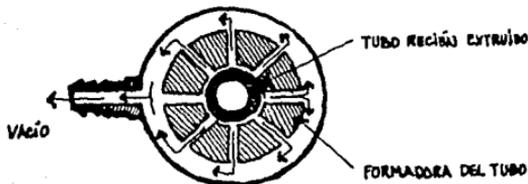


Figura 83. Conceptualización del sistema de aspirado para la fabricación de tubos.

El sistema de aspirado permite la obtención de tubos con aceptables diferencias de diámetros exteriores, esto no es así para los diámetros interiores donde comunmente se encuentran diferencias en el espesor del tubo.

El tubo ya formado es tirado por un "jalador" a través de una tina de enfriamiento, al salir de ahí el material puede ser impreso, mecanizado, cortado en segmentos, o bien enrollado como el tubo para el cableado de construcciones por ejemplo.

1.5.3.3 Extrusión de fibras

La gama de fibras extruidas puede ir desde una fibra gruesa como el hilo nylon de uso doméstico hasta el de diminutos diámetros más pequeños que los de un cabello, que se usan principalmente en la fabricación de textiles superresistentes o refuerzos para aplicaciones de telefonía.

Aquí nuevamente la producción de diámetros homogéneos en las fibras es la clave para un proceso exitoso.

1.5.3.4 Fabricación de películas por extrusión soplo

El proceso consiste en la extrusión de "tubos" de película por medio de dados especiales también llamados "cabezales perfiladores" (fig 84.), los cuales además de dar forma a la extrusión permiten la entrada al "tubo" apenas saliendo, de aire a presión que lo "infla" aumentando sus dimensiones a costa del espesor del material plástico. Controlar el espesor del plástico en la burbuja resulta sumamente difícil debido en especial a las turbulencias de aire que se generan en el interior de las mismas.

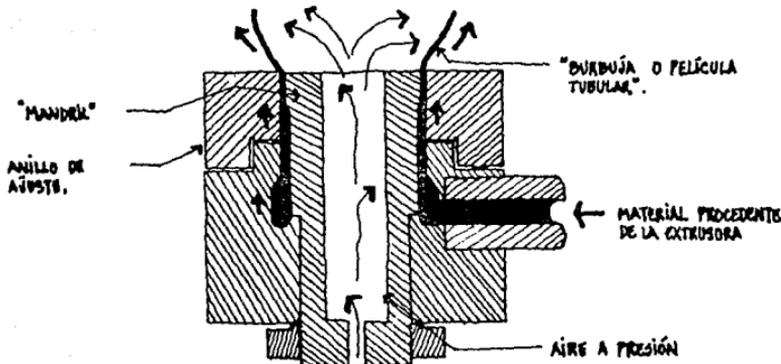


Figura 84. Corte esquemático de un "cabezal perfilador" para la fabricación de película.

Son tres los procedimientos fundamentales de película soplada, estos son; extrusión horizontal, extrusión descendente, y extrusión ascendente. Este último es el más común ya que permite tener todas las instalaciones en un mismo nivel del suelo y evita la deformación del tubo al salir de dado por su mismo peso. Las extrusoras descendentes se usan solamente para fabricar películas de alta viscosidad, muy pesadas .

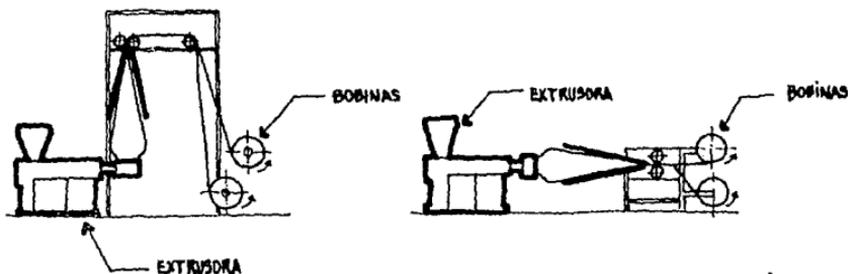


Figura 85. Esquemas de dos sistemas de películas por extrusión-soplo. De línea ascendente (a), y de línea horizontal (b).

La película después de extraída es extendida por medio de corriente de aire a presión con dos propósitos; uno, disminuir el espesor del material aumentando su tamaño y dos, orientar las moléculas en sentido horizontal ya que en el vertical por la misma dirección de la extrusión se encuentran así orientadas. A esto se le llama "biorientación" que aumenta sensiblemente las propiedades mecánicas de la película.

Finalmente el producto es estirado, aplanado y enrollado en una bobina, de donde se conduce a una bodega de producto terminado o a otros procesos.

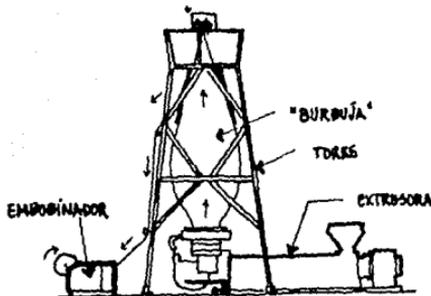


Figura 86. Esquema simplificado de una instalación ascendente de extrusión soplo para la fabricación de películas.

1.5.3.5 Recubrimientos con cable y alambre

Aquí diversas combinaciones a recurrir son posibles;

- Cable sencillo
- Un par de cables ya recubiertos serán nuevamente aislados para formar un sólo producto.
- Un grupo de cables de diferentes espesores, al aislarse en conjunto formarán uno más robusto.

La máquina extrusora para recubrir el cable y alambre esta equipada con un dado que al mismo tiempo que forma el perfil de la extrusión permite la entrada perpendicular a la herramienta del alambre o cable que encuentra embobinado a un lado de la misma, y que le es alimentado por un sistema aparte.

1.5.3.6 Fabricación de Película y lámina por dado plano

Es práctica común diferenciar a la película de la lámina por el espesor que muestran:

Película.....hasta .5 mm de espesor

Lámina.....de .5 mm a 6 mm de espesor

Por medio de la extrusión podemos obtener ambos productos con anchos de poco más de 3 metros, con revestimiento o sin él, con ondulaciones longitudinales o transversales entre otras muchas posibilidades más.

La extrusión por dado plano consiste en una distribución del flujo del material plástico empujado por el husillo en una larga, uniforme y delgada línea que al formarse continuamente forma una hoja de longitud gobernada por las partidas de producción.

Un tren de producción completo para fabricar películas y láminas por extrusión y dado plano está compuesto por las máquinas y herramientas que se muestran abajo (figura 87).

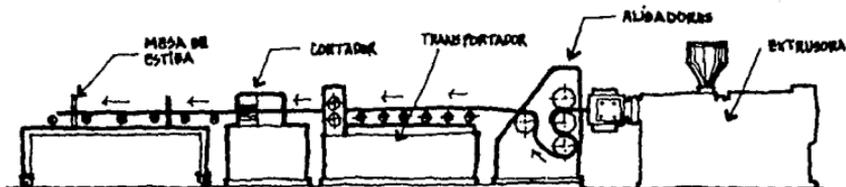


Figura 87. Instalaciones para la fabricación de lámina con dado plano.

1.5.3.7 Coextrusión

La coextrusión o extrusión compuesta consiste en, extruir dos o más materiales diferentes a través de un dado común de manera que un plástico se une al otro en ese punto; esto se logra por medio de una extrusora principal y una auxiliar o uniendo dos extrusoras en un sólo dado.

Las aplicaciones de este proceso son muchas como por ejemplo mencionaremos recubrimiento de cables con diferentes colores, películas con propiedades mejoradas uniendo dos polímeros diferentes, combinación de láminas espumadas con sólidos, etcétera.

2.- Moldeo por Extrusión-Soplo

2.1 Productos usualmente Fabricados con esta Técnica

- Botellas para todo tipo de productos
- Garrafrones
- Barriles
- Juguetes huecos

2.2 Descripción General

Este proceso destinado a la fabricación de artículos huecos consiste en la plastificación de un material termoplástico en una extrusora que así proporciona una forma similar a una manguera ("Parison") que cuelga de la boquilla y se ubica en medio de las dos mitades de un molde, que al cerrarse aprisiona firmemente trozo de manguera todavía caliente y por ende suave, la manguera es inflada a presión a través de un orificio para obligar al termoplástico a tomar forma del molde. La pieza ya endurecida se retira del mismo.

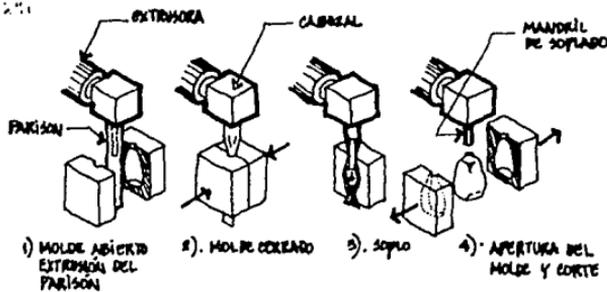


Figura 88. Esquema del proceso de moldeo por Extrusión-Soplo

2.3 Valoración del Proceso

Razones importantes para su uso

- Permite la obtención de piezas huecas que por otros procesos resultarían incosteables.
- Las dimensiones exteriores de los productos de la extrusión soplo se pueden perfectamente determinar con certeza.
- Los costos de los moldes resultan comparativamente económicos contra otros procesos.
- Permite el moldeo preciso de cuerdas y otros sistemas de cierre para contenedores.

Desventajas Notables

- El control de los espesores de las piezas es sumamente complicado debido a que el material estira en mayor o menor medida siguiendo el perfil de la forma del producto. Así podemos tener en una pieza zonas con paredes muy delgadas y otras gruesas.
- Generalmente los productos ya formados requieren de algún tipo de acabado, muchas veces manual.

2.4 Materiales adecuados para el Proceso

Todos los termoplásticos a excepción del Teflón

2.5 Procedimiento

Las Máquinas de extrusión soplo que se encuentran en el mercado son sumamente parecidas entre sí y sus principales diferencias son:

- Potencia y tamaño de la extrusora
- Disposición de la extrusora
- Fuerza de cierre en el molde
- Tamaños de moldes que es capaz de manejar
- La cantidad de moldes que puede manejar simultáneamente
- Su grado de automatización

Lo que generalmente divide al proceso es la forma en la que se genera el Parison a soplar dentro del molde. Encontramos dos tipos:

a).- Extrusión continua
Su aplicación principal es para piezas relativamente pequeñas y de pared delgada, que se fabrica en gran cantidad.

b).- Extrusión Intermitente
Se emplea para fabricar contenedores o en general piezas huecas de todo tamaño, desde pequeños frascos hasta moldeados con capacidad de cientos de litros.

Para su mejor análisis hemos dividido el proceso de extrusión soplo en sus tres variables más importantes más importantes; sistema de extrusión, dado o cabezal, prensa y molde.

2.5.1 El Sistema de Extrusión

Tanto la Extrusión continua como la intermitente del *Parison* requieren de una adecuada alimentación de resina plastificada que provea la cantidad necesaria para la formación del producto.

Sí bien el husillo común para el funcionamiento de estas máquinas es también utilizado para otras técnicas de extrusión, la creciente sofisticación del proceso así como la popularidad ganada de nuevos materiales para la técnica, como son los plásticos de Ingeniería y los Plásticos reforzados, han obligado a poner en el interés por parte de los constructores y usuarios quienes han desarrollado nuevos diseños de tornillos especiales para un mejor aprovechamiento de la técnica.

En la extrusión continua de parison las resinas para formar son bombeadas por la extrusora y formadas por el dado, con las adecuadas longitud y espesor de la pared. Esto ocurre en forma muy similar a la producción de tubo o manguera, por lo que el tiempo se convierte en factor crítico ya que no se detiene la producción del parison que obliga a un efectivo manejo de uno o varios moldes. (Figura 89.)

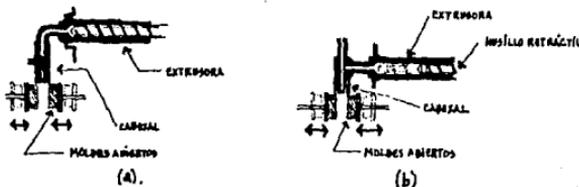


Figura 89. Extrusión a).- continua de parison b).- Intermitente

—Extrusión combinada de pistón y tornillo

Es de las máquinas de extrusión sople menos usadas además de ser la de mayor antigüedad, no obstante en México aún encontramos un número de ellas en operación. Consiste en una doble función, por un lado la del tornillo que se encarga de plastificar el material y que deposita en una cámara caliente, cuando se ha acumulado suficiente masa esta es forzada por la presión de un pistón a tomar la forma del dado y obtener el parison.

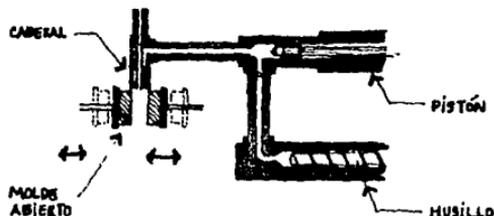


Figura 90. Esquema del funcionamiento de una máquina de extrusión-soplo del tipo pistón-tornillo

2.5.2 Dado y cabezal para extrusión-soplo

Esta importante parte de la máquina es la que en última instancia dimensionará el parison que después será soplado. Los cabezales pueden ser horizontales o verticales que son los más comunes, alimentados por su parte superior o en forma lateral.

Estos se consideran de mayor eficacia en el trabajo de piezas de alta calidad.

El cabezal además será la vía por la cual se permita el soplado hacia el interior del parison cuando se ha cerrado el molde. Se emplean tres procedimientos para lograrlo: a través de una boquilla que se introduce en la parte inferior de la pieza, también por medio de una aguja hueca que se introduce al molde por un lado, y la más usada, a través del mismo cabezal. (Figura 91.)

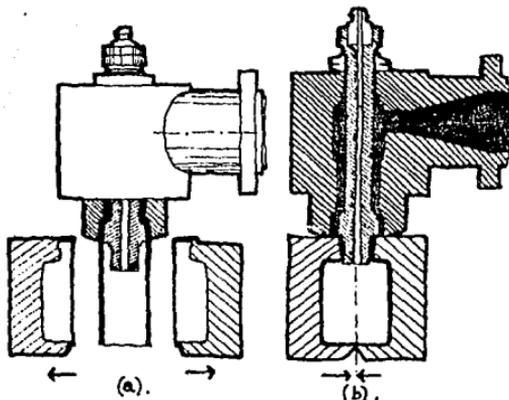


Figura 91. Corte simplificado de un juego de cabezal y dado, a).- Su posición durante la extrusión del parison y b).- Durante el soplado.

2.5.3 Prensa y molde

Después de la formación del parison es necesario atraparlo en el molde para su formado final. Los moldes son sujetos a sistemas encargados de abrir y cerrarlos a presión durante el proceso. Además se encargan de controlar las temperaturas indicadas para el molde y si así están diseñadas, de eyectar la pieza.

Las prensas pueden ser desde sencillas o de un sólo molde, hasta sumamente complejas manejando una docena de ellos.

Sistemas sencillos de un sólo molde

La coordinación en el trabajo es directa; un sólo cabezal, con un sólo molde y una prensa. Para hacer más productivo este sistema es usual encontrar la rotación de varios moldes usando una misma prensa.

Sistemas de prensas alternativos

Este sistema mejora significativamente el aprovechamiento de la máquina puesto que se usa un extrusor común, dos o más cabezales y una prensa especial que permite llenar un molde simultáneamente que el los otros realizan (n) operaciones como enfriado del producto o preparación para otro ciclo.

Los moldes para extrusión sople no se diseñan para resistir grandes presiones así la parte más importante de ellos es un adecuado sistema de refrigeración, puesto que una buen parte del tiempo de proceso la representa el enfriamiento de las piezas para retirarse del molde.

Para el enfriamiento de los moldes existen dos maneras; una por circulación de aire y la más común, por circulación de agua. El correcto manejo de las temperaturas del molde se refleja en una mayor eficiencia de la línea de producción y en la calidad del producto.

3.- Moldeo por Inyección-Soplo

3.1 Productos usualmente fabricados con esta técnica

- Botellas para la Industria farmacéutica y de los cosméticos.
- Botellas para refrescos
- Tarros para envase de alimentos

3.2 Descripción General

Este proceso es similar al de Extrusión-Soplo, la diferencia entre ambos es que aquí no se extruye una manguera sino que se inyecta una pieza similar en el tubo de ensayo para laboratorio químico, que denominaremos "preforma" el cual aún caliente se coloca en el molde para finalmente ser soplado con los que forma del producto. (figura 92.)

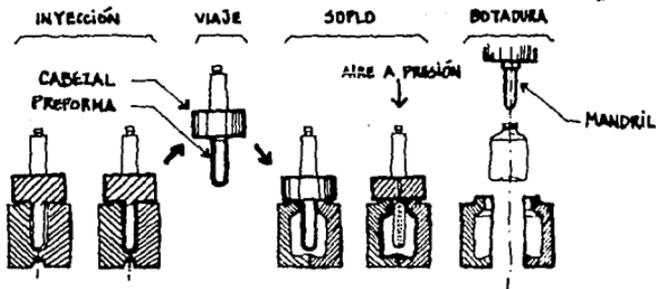


Figura 92. Pasos esenciales del proceso de inyección-soplo: a).- Inyección de la preforma y b).- Soplado

3.3 Valoración del Proceso

Razones importantes para su Uso

- Buen control del espesor de pared de la pieza gracias a la participación de la preforma.
- Este proceso permite la fabricación de piezas con más estrechas tolerancias que en la extrusión-soplo
- La inyección-soplo genera piezas de excelente presentación y completamente acabadas.
- No hay desperdicio alguno del material
- Permite una adecuada orientación biaxial de las moléculas de la pieza y que se traduce en una mejora de las propiedades mecánicas.

Desventajas Notables

- Los productos aquí formados son regularmente más pequeños que aquellos de extrusión-soplo
- Maquinaria de alto costo comparada con la de extrusión-soplo
- Por cada pieza a producir se requiere de dos moldes; uno para la preforma y otro para el soplado.
- Condiciones críticas de proceso que requieren de un estricto control

3.5 Materiales adecuados para el proceso

Todos los termoplásticos excepto del Teflón. Destaca por su espectacular aumento en la participación de este proceso la resina PET, impacto que será seguramente mayor en un futuro próximo principalmente por su uso masivo en el envase de refrescos y productos alimenticios.

3.5 Procedimiento

El proceso de Inyección-Soplo en una forma sencilla de explicarlo consta de dos estaciones:

a).- El plástico o materia prima es moldeado por inyección para obtener una preforma donde el cuello esta incluido, para el caso de una botella.

b).- La preforma es trasladada junto con el "corazón" del molde de inyección o "mandril" (figura 93), a el molde donde aún caliente la preforma, es soplada para que así tome la forma deseada.

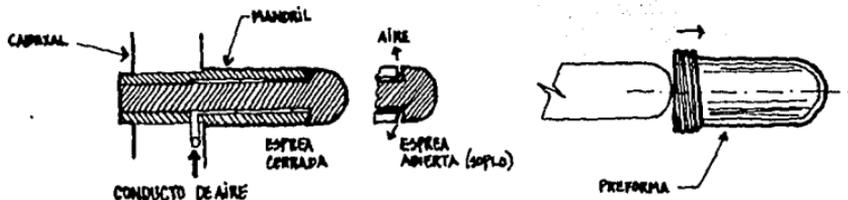


Figura 93. Corazón o Mandril de el molde de inyección de una máquina de Inyección-soplo.

Existen varios tipos de máquinas para este proceso que difieren en la manera de transportar la preforma y el corazón de una estación a otra.

Las máquinas de "Carrousel" de tres o cuatro estaciones son las más populares (figura 94) y las podemos encontrar como equipo auxiliar de una máquina de Inyección o como un equipo autónomo.

El carrousel que se muestra (figura 94) es de tres brazos común en la Industria y su accionar se reseña así:

En la primera estación la máquina ubica a el "corazón" dentro del molde de inyección donde la preforma se produce. Casi inmediatamente el carrousel gira y coloca a la preforma caliente con el corazón en el molde de soplo, mismo que se realiza a presión a través de un conducto del mismo corazón de la preforma. Sin separarlo de la pieza formada, un nuevo giro de la máquina saca al conjunto del molde para ser retirado por medios manuales o mecánicos es esta última estación.

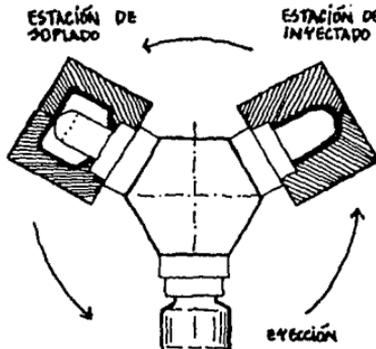


Figura 94. Máquina rotatoria de tres estaciones para Inyección-Soplo.

4.- Moldeo por Inyección

4.1 Productos usualmente fabricados con esta técnica

Sólo con fines de ilustración se ofrecen ejemplos típicos de productos moldeados por Inyección:

- Carcasas de electrodomésticos
- Carcasas de herramientas de mano
- Teclas y perillas para diversos usos
- Micas y difusores de luz para la Industria Automóvil
- Teléfonos
- Ganchos para ropa
- Vasos, platos y cucharas

4.2 Descripción General

El moldeo por Inyección está basado en la plastificación del material por medio de un cilindro caliente, la cual se alimenta a la máquina como polvo o pellet, el plástico al alcanzar cierta temperatura y viscosidad es impulsado por un pistón y husillo para ser introducido en un molde cerrado a alta presión (figura 95).

Fundamentalmente la inyección se aplica con termoplásticos aunque con algunas variaciones es posible moldear con esta técnica a los termofijos.

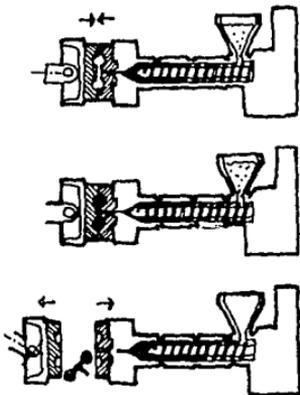


Figura 95. Esquematización del Proceso de Inyección.

4.3 Valoración del Proceso

Razones importantes para su uso

- Es el de mayor exactitud entre los procesos para la transformación de termoplásticos.
- La pieza queda determinada por el molde en todas sus superficies y partes.
- Los moldeados por Inyección son prácticamente productos acabados listos para su ensamble y decoración.

- su capacidad de producción es muy alta

Desventajas Notables

- Las instalaciones para moldear por inyección y la misma máquina inyectora son de alto costo.
- La precisión y acabados de los moldes de inyección, hacen de ellos herramientas de elevado costo.
- No es un proceso para la realización de piezas de grandes dimensiones y de varios grosores en su diseño.

4.4 Materiales Adecuados para el Proceso

Es posible moldear así todos los materiales termoplásticos, y a excepción de la Urea y la Melamina, todos los termofijos.

4.5 Procedimiento

4.5.1 Ciclos de trabajo

La inyección de termoplásticos, como ya se ha esbozado, está formado por tres ciclos de trabajo.

1º Dosificación y fusión

El material depositado en la tolva de la máquina, cae en el cilindro o cámara caliente, donde el sistema de calefacción le funde paulatinamente hasta alcanzar la viscosidad deseada. (figura 96 abajo)

2º Inyección

El molde cerrado a alta presión (cuantificado en toneladas) recibe a través de un orificio a la masa caliente que es impulsada por el husillo o el pistón de la máquina para lo cual se requiere una cantidad elevada de energía y que se le denomina "disparo". La fuerza y velocidad del mismo están en relación al material y complejidad de la o las piezas a moldear, obvio es decir que la cantidad del plástico disparado al molde debe llenar todos los huecos o cavidades del molde. (figura 97.)

3º Enfriamiento de la pieza. Expulsión

Al bajar la temperatura la pieza ya solidificada, y esta es extraída del molde manualmente o por expulsores conocidos también como "boteadores" (figura 98.)

4.5.2 Análisis de la Maquinaria de la Inyección de termoplásticos

Una máquina para este proceso consiste básicamente de dos partes:

- Unidad de inyección (figura 99)

Plastifica e impulsa el material hacia el molde, y

- Unidad de cierre

Es el encargado de abrir y cerrar el molde además de mantener la presión necesaria para impedir que se abra durante la inyección.

La forma de inyección puede darse en cuatro direcciones donde la primera es por mucho la más popular en la industria.



Figura 99. Esquema de las cuatro posibilidades direcciones de trabajo de las máquinas inyectoras; a). Horizontal b). Vertical con apertura horizontal c). Inyección y apertura vertical d) Inyección lateral.

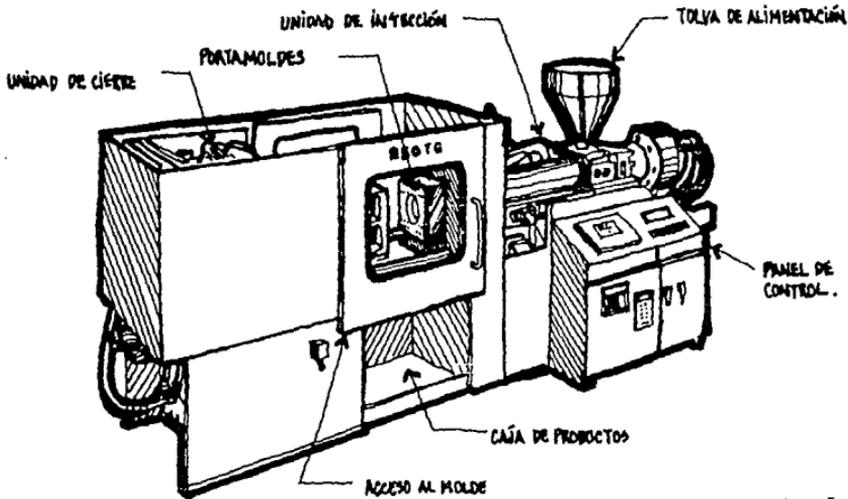


Figura 97. Partes esenciales de una máquina de inyección típica

En las máquinas modernas de Inyección se utilizan sistemas donde la plastificación de la material prima y la inyección propiamente dicha pueden hacerse en forma separada o conjunta. Estos mecanismos pueden ser de pistón o émbolo y las más comunes, las de husillo fijo o retráctil aunque encontramos casos donde se aplican ambos simultáneamente.

A la combinación de husillo - émbolo se le denomina hoy día como "tornillo preplastificador" y consiste en una forma sencilla en una unidad de plastificación de husillo fijo que alimenta a una cámara donde el émbolo hace su recorrido para realizar la inyección (figura 98 abajo)

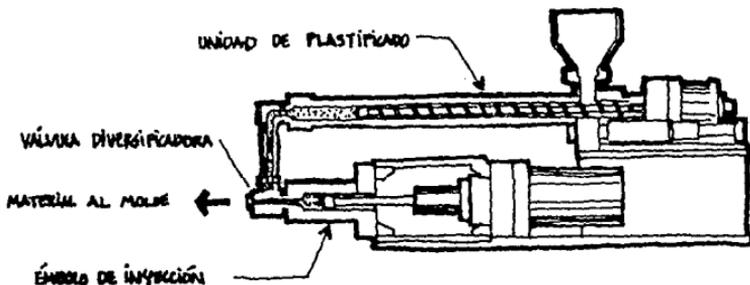


Figura 98. Unidad de Inyección de "Tornillo Preplastificador"

Este sistema se aplica en productos que requieren de una alta presión al momento del disparo, a la vez que una gran velocidad de inyección ambas las satisface el uso de émbolo aunque también presenta inconvenientes como un más delicado manejo de temperaturas del material en las partes del sistema puesto que el plástico primero calentado es el último en entrar al molde.

Los diseños de máquinas con "tornillo preplastificador" son considerados por la Industria como instalaciones que pronto serán sustituidas por Inyectoras de Husillo. Esto obedece a varias causas, siendo las principales el difícil control de las temperaturas del material y la lenta recuperación de la máquina para volver a inyectar.

Las máquinas de inyección por husillo presentan dos variantes en sus sistema de plastificación e inyección, una la de "tornillo o tornillos fijos" que basan su potencia de disparo en la fuerza generada por el tornillo mismo. Y otra la de mayor utilización en la industria por su alta eficiencia que son las de "Tornillo retráctil".

Las inyectoras de husillo retráctil (figura 99) adoptan en el diseño del husillo una cabeza o émbolo, lo que permite combinar la gran capacidad de plastificación de una extrusora de husillo (ver "Extrusión") con la elevada presión de inyección de émbolo.

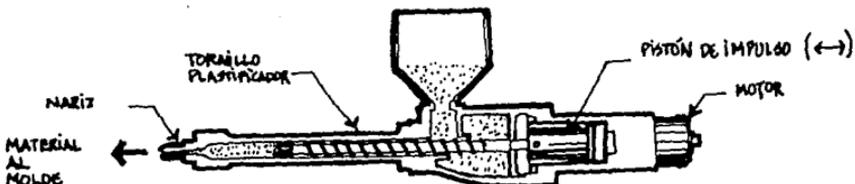


Figura 99. Unidad de Inyección con tornillo retráctil

El accionar de la máquina consiste en uno o dos husillo girando para plastificar el material por medio de la temperatura de un cilindro y la fricción con las paredes del mismo. Al mismo tiempo el tornillo se retrae para dejar dentro del cilindro al frente el material listo para ser inyectado, a una señal o impulso el tornillo presiona hacia adelante el material para depositarlo en el molde.

-Unidad de cierre.

Tiene la responsabilidad de efectuar los movimientos de cierre y apertura del molde dentro del ciclo de trabajo de la máquina. Los moldes por lo común constan de dos mitades que se unen y se separan en un punto definido como "Plano de partición".

La "unidad de cierre" resulta de gran importancia para el correcto trabajo de la máquina y la obtención de piezas moldeadas de la calidad deseada, ya que debe absorber las altas presiones que se dan durante la inyección y evitar que las partes del molde se abran lo que conduciría a producir piezas defectuosas o con grandes rebabas (conocidas como "flash").

Se distinguen dos principales mecanismos de cierre para máquinas de Inyección:

a).- *Sistemas de arrastre por fuerza*

La apertura y fuerza de cierre del molde se logra mediante el uso de uno o varios cilindros hidráulicos de gran poder. Este sistema es el de menor popularidad puesto que las grandes presiones que se manejan exigen instalaciones costosas y complejos sistemas en los que no son raras las averías.

b).- *Sistemas de arrastre de forma*

Este sistemas es accionado por elementos hidráulicos o electromecánicos de menor capacidad que los necesarios para el arrastre de fuerza y consiste en el cierre del molde mediante elementos mecánicos, diseñados para autobloquearse en cierta posición. La figura de abajo muestra un sistema sencillo y uno de doble articulación, ambos accionados por medios hidráulicos (figura 101).

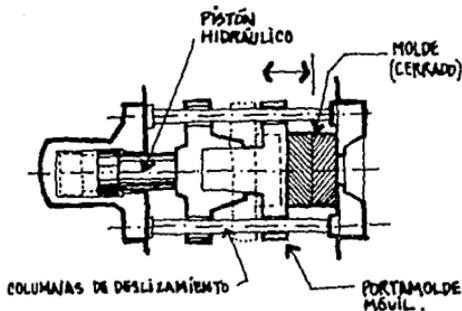


Figura 103. Esquema de Unidad de cierre con Sistema de arrastre de fuerza.

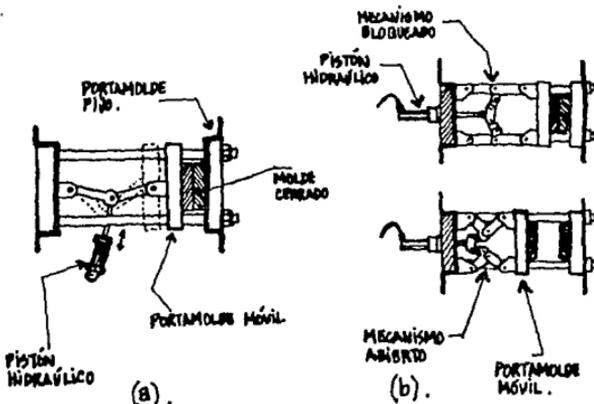


Figura 101. Unidad de cierre por arrastre de forma a).- Sencilla y de b).- Doble articulación.

4.5.2 Moldeo por Inyección de materiales Termofijos.

Como ya sabemos los materiales termofijos no son susceptibles de ser reprocesados lo cual plantea ciertos problemas en su inyectado: Por un lado el desperdicio del material es mucho mayor ya que canales y mazarotas como subproductos del proceso no tienen más utilidad y por otro el peligro de que el material endurezca en el interior de la máquina es siempre latente.

Ante la demanda de piezas para Ingeniería cuyos requerimientos cumplen a menor costo los materiales termofijos, los industriales del plástico y fabricantes de maquinaria han fabricado en sus modelos más tradicionales los elementos necesarios para adaptar inyector de termoplásticos a termofijos en forma rápida.

Estas máquinas sólo se distinguen en sus unidades de plastificación donde a cambio de las resistencias eléctricas para calentar el cilindro se usan bandas que manejan aceite caliente o líquidos de atemperado, para lograr un manejo homogéneo de la temperatura en el interior de la máquina.

Los husillos empleados para la inyección de termofijos presentan una geometría que favorece las bajas presiones, mismos que también son usados en los procesos de termoplásticos esto con intención de modificar por la fricción inherente lo menos posible, las temperaturas calientes que ofrecen las paredes calientes del cilindro lo que de darse sin control iniciaría un proceso de endurecimiento del material en su interior.

Las piezas que adaptan máquinas de inyección de termoplásticos a termofijos están diseñadas para desarmarse rápidamente y así ante cualquier contingencia evitar daños a la misma.

5.- Calandrado

5.1 Productos usualmente fabricados con esta técnica

Esta es usada para fabricar películas y láminas así como para el recubrimiento de textiles.

Productos específicos de este proceso son:

- Película y lámina
- Laminados para tapicería autos, muebles y fabricación de equipaje
- Láminas para tarjetas de crédito

5.2 Descripción General

El proceso de calandrado consiste esencialmente en obligar a una masa de material plastificado a pasar entre dos rodillos paralelos o un grupo de ellos para formar una lámina o película de dimensiones precisas y espesor homogéneo misma que después será enrollada en una bobina o, cortada en tramos según el uso final que se le dará.

5.3 Valoración del Proceso

Razones importantes para su uso

- El espesor de las películas y las láminas así formadas es siempre homogéneo.
- En el sentido del calandrado los materiales muestran magníficas respuestas a la tensión.
- El acabado de estos productos es de excelente calidad
- Permite durante el proceso, la adhesión de otros materiales y colores al primer sustrato.
- Permite la incorporación de herramientas para texturizar y dar otros acabados a la película o lámina.

Desventajas Notables

- Maquinaria y herramental de muy alto costo
- La técnica requiere de un estricto control de las condiciones del proceso.

5.4 Materiales Adecuados para le proceso

Los materiales plásticos más usados para el Calandrado son, en primer lugar el PVC y muy lejanos en sus volúmenes le siguen el polietileno y el ABS.

5.5 Procedimiento

Existen máquinas de calandrado de diversas formas en cuanto al orden que llevan los rodillos (figura 102) aunque la más común presenta a cuatro rodillos dispuestos en forma vertical y un cuarto situado a igual altura que el más elevado.

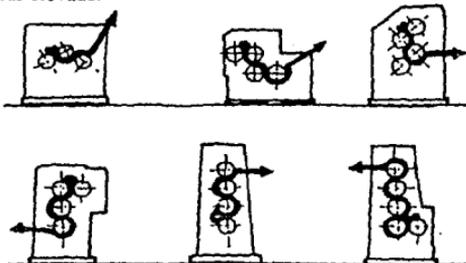


Figura 102. Diversas formaciones de los rodillos en máquinas de calandrado.

En todos estos tipos de máquinas el plástico es alimentado por una extrusora sencilla de forma de lámina o como tubo. Este material forma acumulaciones antes de ser adelgazado por cada juego de rodillos.

Es común que estas acumulaciones de plástico fundido se aprovechen para agregarles otros materiales plásticos o textiles para ser cubiertos o formar productos laminados con materiales diferentes como las lonas recubiertas con vinilos.

Los rodillos de calandrado son diseñados para resistir grandes esfuerzos de flexión ya que una falla en su resistencia podría provocar materiales laminados sin un espesor homogéneo. También los rodillos deben mantener una temperatura constante, que como en el caso del PVC oscila entre 150 y 210°C en sus superficie, y para lograrlo se hacen circular en pasajes cercanos a la cara externa del rodillo, vapor o aceite caliente ambos con temperaturas estrechamente vigiladas.

Los rodillos se fabrican en acero de gran calidad y acabado en pulidos "espejo" en su superficie. Las medidas usuales para ellos son de 70 a 80 cm. de diámetro y de 2.10 a 2.50 mt. de largo (figura 103. abajo)

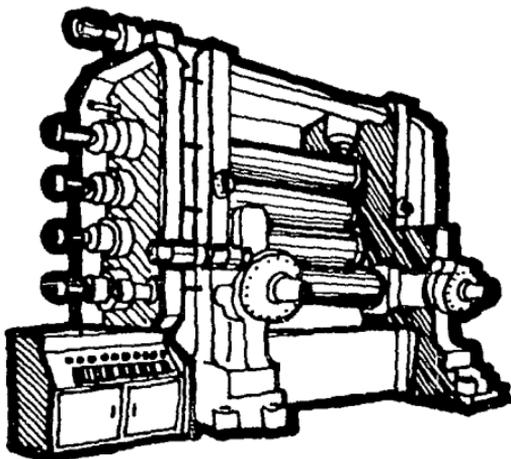


Figura 103. Calandrado de cinco rodillos.

La fuerza que hace girar a los rodillos en las modernas máquinas de calandra son motores eléctricos autónomos para cada eje que así facilitan el ajuste particular de la película o lámina a producir.

De los materiales obtenidos por calandrado son sometidos a procesos de beneficio como puede ser grabado, abrillantado, impreso, y perforado entre otros y que son un tema de estudio por sí mismos.

6.- Moldeo Rotacional o Rotomoldeo

6.1 Productos usuales fabricados con esta técnica.

- Tinacos y barriles, tinas de hidromasaje, baúles para el techo de automóviles, canastas-sanitarias para eventos.
- Carros de juguete
- Juegos para jardín
- Tanques para combustible de todo tipo de vehículos

6.2 Descripción General

El rotomoldeo es una técnica que comúnmente se utiliza para producir piezas huecas y consiste en depositar plástico líquido o en polvo en un molde, que se hace girar en sus dos ejes simultáneamente dentro de un horno. Debido a la alta temperatura del molde y la energía centrífuga propia de la rotación el plástico copia la forma del molde con una capa homogénea de material.

En cierto momento el molde se saca del horno y se introduce en una cámara de enfriamiento donde la pieza termina su endurecimiento, finalmente el producto es retirado.

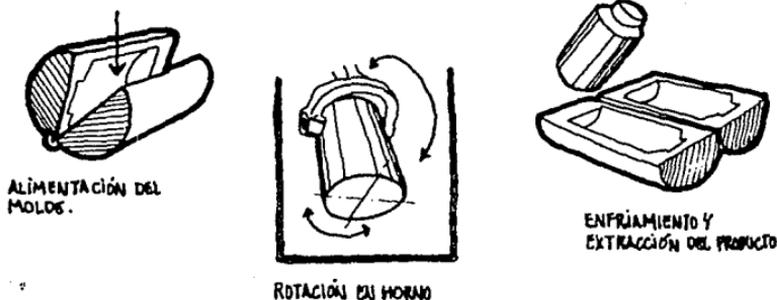


Figura 104. Elementos básicos del Proceso de Rotomoldeo o Moldeo rotacional

6.3 Valoración del Proceso

Razones importantes para su uso

- Gran libertad para el diseñador para proyectar con esta técnica
- Se pueden producir objetos por sus grandes medidas resultarían sumamente costosos en otros procesos.
- Varios productos o el mismo con diferentes colores pueden ser moldeados por el mismo ciclo.
- Los moldes necesarios para el moldeo rotacional son normalmente económicos.
- Al no aplicarse presión adicional alguna, las piezas no sufren tensiones durante el moldeo lo que resulta en mejores propiedades finales del producto.
- Las piezas así generadas son de paredes uniformes y con esquinas de gran resistencia.
- Mínimo desperdicio de materiales
- Permite sin problema la aplicación de insertos u otros postizos.

Desventajas Notables

- La materia prima por ser especial en su presentación (polvo o líquido) es normalmente un poco más cara.
- Sólo es posible garantizar la precisión en las dimensiones exteriores de la pieza
- Los ciclos de moldeo son largos a comparación de otros como el de la Inyección de soplado.
- La maquinaria requiere de un gran espacio en planta.

6.4 Materiales Adecuados para el Proceso

Poliétileno de todo tipo, poliestileno cristal y grado impacto, Nylon, Pur espuma, PVC, ABS, son los de uso común para esta técnica.

6.5 Procedimiento

El ciclo de moldeo comienza con la carga del molde con el plástico, se cierra y se introduce en el horno. La rotación en sus dos ejes ha comenzado con la formación de una delgada capa en la pared de la cavidad del moldeo misma que se engrosará hasta obtener el espesor deseado.

La mayor parte de la maquinaria de rotomoldeo usada en la Industria son las llamadas de "tres brazos" (figura 105) donde siempre los brazos se encuentran en alguna de las estaciones de: alimentación, calentamiento y enfriamiento. Este equipo se ofrece en el mercado con diferentes capacidades para producir pequeños contenedores hasta grandes tanques de 15000 litros.

Para calentar el horno se utilizan diferentes sistemas como quemadores de gas o petróleo y en forma ocasional resistencias eléctricas.

La estación de enfriamiento es también parte importante del ciclo ya que en buena parte del él dependen propiedades como estabilidad dimensional y resistencia. La baja de temperatura debe hacerse lenta pero constante así como homogénea en todo el molde.

Los moldes para rotomoldeo son usualmente más económicos que los otros para inyección o extrusión, aunque su costo lo determinan la complejidad de la pieza y la cantidad de cavidades en él. Se fabrican con diferentes metales como son fundiciones de acero y aluminio, para piezas muy grandes es común el uso de técnicas sencillas de metal mecánica en la fabricación de moldes hechos en lámina.

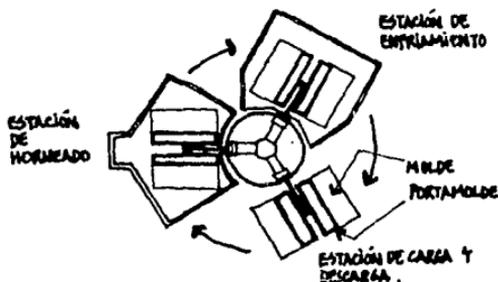


Figura 105. Presentación en planta de una máquina de rotomoldeo de tres brazos.

7.- Espumado de Materiales Plásticos

7.1 Productos usualmente fabricados con esta técnica

- Espumas de poliestireno
- Envases y embalajes para todo tipo de productos desde alimentos calientes hasta electrodomésticos y maquinaria.
- Placas para aislamiento acústico y ambiental

- Espumas de Poliuretano rígido
- Cuerpos y rellenos para mobiliario
- Asientos y partes de interiores para todo tipo de vehículo
- Embalajes para objetos
- Aislante acústico y térmico

- Espumas de Poliuretano flexible
- Rellenos de mobiliario y aplicaciones decorativas

- Espumas de materiales termoplásticos en general
- Envases y embalajes
- Aislantes para construcción

7.2 Descripción General

Entendamos la palabra "espuma" y de ahí "espumado", como:

- La dispersión de un gas, en un líquido. o
- La dispersión de una gas en volumen sólido

Por ambos caminos podremos obtener "espumas de plásticos o plásticos espumados" y las técnicas más comunes en la Industria se desarrollan en el punto 7.5.

7.3 Valoración del Proceso

La diversidad de las técnicas impide la valoración de las mismas en grupo.

Las explicaciones particulares que abajo se ofrecen permitirán al lector determinar la importancia de cada proceso con referencia a sus particulares necesidades.

7.4 Materiales Adecuados para el proceso

Prácticamente todos los plásticos se pueden espumar, pero los usuales en la Industria son las de Poliestireno y las de Poliuretano y en forma ocasional se encuentran también las espumas de Polietileno y de resinas fenólicas.

7.5 Procedimientos

7.5.1 Espumados de Poliestireno (EPS)

Esta, también llamada "Poliestireno expandido" o más popularmente conocido como "Hielo seco" es la de mayor importancia entre las espumas de plástico y le encontraremos en el mercado como cuerpos moldeados o bloques para laminado.

El proceso para la fabricación de estos espumados se le denomina "Choque de vapor" y consiste en el suministro de "perlas" de poliestireno que no son otra cosa que pequeñas canicas del material que han atrapado en su interior algún "agente de expansión". Al aumentar lo suficiente la temperatura del poliestireno este comenzará a ablandarse y ponerse pegajoso, al mismo tiempo el gas expansor hinchará las perlas obligándolas a apretarse unas contra otras dentro del molde, al final tendremos un producto formado por una red o estructura celular con diámetros de hasta 3mm.

Más específico, el proceso se divide en tres etapas:

1.- Preexpansión

En hornos de especiales se realiza la primera parte de la espumación, la que es detenida cuando el material alcanza cierta densidad.

2.- Almacenaje intermedio o maduración

Este consiste en obtener un nuevo equilibrio térmico en las perlas espumadas por medio de un corto lapso de reposo.

3.- Moldeo

Las perlas preexpandidas después del reposo son depositadas en moldes que tiene entradas (toberas) para el vapor, el cual al inyectársele a presión obliga a una expansión final de las células.

La maquinaria y moldes para el proceso son relativamente sencillos debido a que en el no se manejan grandes presiones que requieren instalaciones robustas.

(Para mayor claridad en el diseño y funcionamiento de estos moldes recomendamos la revisión de apartado 3.6 Capítulo XIII "Herramientas para moldear plásticos".)

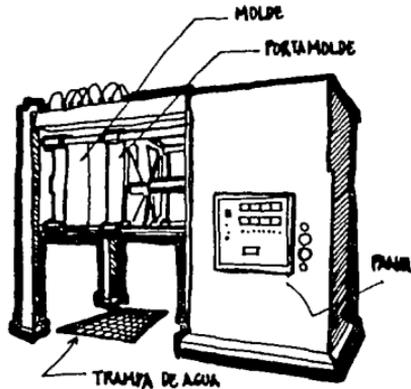


Figura 106. Máquina para moldeo de poliestireno expandido

Otra técnica para espumar poliestireno se denomina de "Preespumado" y se destina a la fabricación de bloques que después son cortados en planchas y tablonos usados principalmente en la Construcción. Una extrusión sencilla del material produce un largo listón que termina su proceso de espumado en la banda transportadora que lo recibe al pie de la máquina extrusora y lo conduce a su recorte.

7.5.2 Espumados de Poliuretano

Aquí al mezclar los componentes líquidos, los reactantes producen gases que favorecen a la expansión de la masa mientras se da el endurecimiento del material; es una reacción sumamente rápida que genera una gran cantidad de gases tóxicos por la cual la seguridad en las fábricas de poliuretano resulta primordial.

La fabricación de espuma de poliuretano parte de dos líquidos necesarios para la reacción, unos, poliéters o poliéters según el tipo de espuma que se quiera y dos, diisocianatos. Además de catalizadores y otros aditivos. Esta mezcla requiere de formulaciones precisas y una efectiva agitación para tener resultados exitosos. La masa en plena reacción pero aún líquida se cuele en máquinas de producción continua o discontinua.

- Máquinas de Producción continua

Son bandas que conducen a la mezcla durante el proceso de espumado y lo obligan a formar un listón de poliuretano el cual al final de la banda es seccionado y cortado en forma regular para formar bloques de medidas manejables

- Máquinas de Producción discontinua

En estas máquinas el colado de la mezcla se realiza en moldes los cuales se cierran inmediatamente con una tapa, así se impide una mayor expansión cuando el molde se ha saturado lo que coopera también a obtener una mayor densidad. Estas piezas pueden ya no requerir de un maquinado posterior ya que se han formado en moldes totalmente cerrados en todas sus caras (figura 107.)

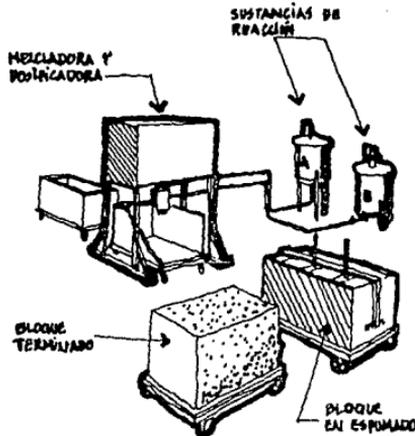


Figura 107. Producción de discontinua de bloques de poliuretano

Otro proceso importante (cada día más) para el espumado de poliuretano es el de "RIM" (Reaction Injection Molding) que se describe con detalle en el apartado 10 de este capítulo, y que consiste en una técnica similar a la Inyección convencional aunque aquí el llenado de la cavidad se hace en dos pasos:

1º A baja presión se hace un disparo de la máquina que no llena totalmente el molde, inmediatamente después se aumenta la presión para obligar al material a adherirse a las paredes del molde con una alta densidad, y,

2º Con un segundo disparo de la máquina se deposita material el cual se deja espumar a baja presión lo que termina de llenar su cavidad.

7.5.3 Termoplásticos Espumados

Plásticos como ABS, PVC, Polietileno, polipropileno y EVA son también producidos aunque a pequeña escala (que va en ascenso) por medio de la incorporación de gas en el polímero fundido mismo que será extruido bajo una estricta vigilancia de las condiciones del proceso. Después las espumas requieren de un reposo de 24 horas cuando menos antes de ser usadas para no presentar fallas en su maquinado por desequilibrios en la presión durante el endurecimiento del producto.

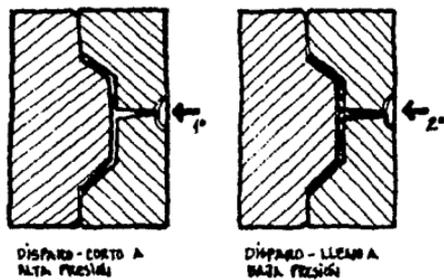


Figura 108. Conceptos básicos del proceso de "piel integral-RIM"

8.- Moldeo por Compresión

8.1 Productos usualmente fabricados con esta técnica

Son generalmente piezas que requieren de buena resistencia a altas temperaturas, dureza y estabilidad dimensional.

- Industria Eléctrica

Piezas para distribución de cableado
Apagadores y contactos Industriales
Partes para manejo de altas tensiones

- Industria Automotriz

Tapas de distribuidor
Piezas para el manejo de cables de ignición
Soportes para inyectores diesel

- Domésticos

Partes de reguladores
Partes de carcasas de hornos y planchas
Partes de motores de electrodomésticos
Ceniceros

8.2 Descripción General

Este proceso pertenece a los primeros usados para plásticos y esta dirigido principalmente hacia el formado de materiales termofijos con o sin refuerzos.

Consiste en el formado de material prima previamente calentada hasta un punto determinado de ablandecimiento, la que se deposita en un molde con temperatura controlada. Se cierra el mismo a gran presión para obligar al material a tomar la forma indicada y se sostienen las condiciones del proceso hasta que la pieza puede ser removida sin deformaciones.

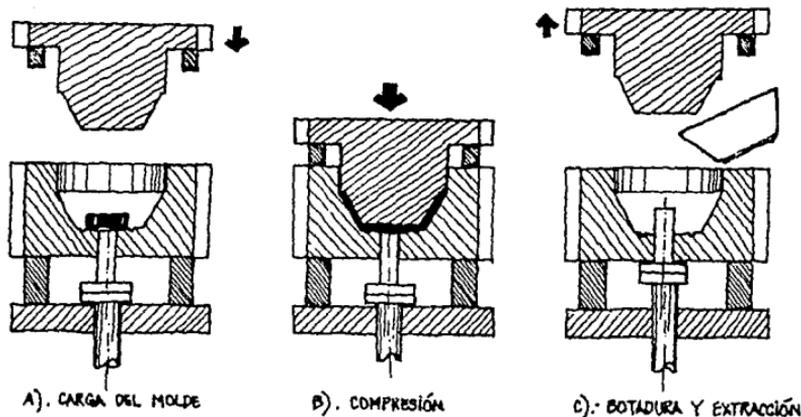


Figura 109. Pasos fundamentales del proceso de Compresión

8.3 Valoración del Proceso

Razones importantes para su uso

- La precisión de las piezas así formadas es excelente
- Los materiales no resultan afectados en sus propiedades
- Los moldes comparados con otros procesos son más económicos
- El mantenimiento de los moldes es mínimo debido al poco desgaste que sufren en su operación
- Pueden ser ubicados sin problema alguno insertos de todo tipo durante el proceso.
- La pérdida del material por rebabeado es mínima

Desventajas Notables

- Los costos de la maquinaria requerida son generalmente más elevados que otros tipos como el de Inyección.
- Sus ciclos de moldeo son más tardados que otras operaciones
- Para una operación necesita de equipo "periférico".
- Las piezas formadas por compresión requieren generalmente de despunte o rebabeado.

8.4 Materiales adecuados para el proceso

Resinas Fenólicas, Melamina, Urea, Piléster reforzado o en compuestos, Resinas Epóxicas y Elastómeros termoplásticos

8.5 Procedimiento

La típica máquina para Compresión es esencialmente una robusta prensa formada por una placa fija y una placa móvil, en ellas se ubican las dos partes del molde; macho y hembra.

El mecanismo que cierra a presión el molde es un émbolo accionado por el sistema de fuerza que puede ser neumático o hidráulico, este último es el más común. La placa móvil para obtener mejores resultados en el moldeo, debe avanzar rápidamente hasta el primero contacto con el material donde reduce su velocidad; la apertura del molde habrá de ser relativamente lenta hasta que la pieza se encuentre libre para ser removida en forma manual o por medio de botadores.

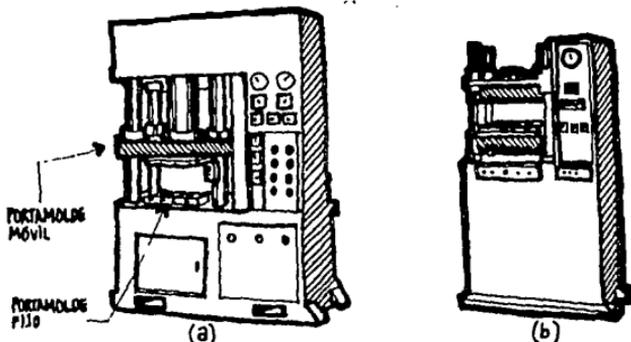


Figura 110. Máquina de Compresión a).- De producción b).- De laboratorio

Si bien existen varios tipos de máquinas para compresión (figura 110 arriba), generalmente en nuestro país encontramos las que tienen que ser alimentadas manualmente y operadas con estrecha

vigilancia del encargado, también se trabaja con máquinas semiautomáticas que cargan y botan el producto por sí mismos dejando al operador sólo la responsabilidad de alimentar la máquina y checar periódicamente las condiciones del proceso.

Los moldes de Compresión trabajan a altas temperaturas que oscilan entre 125 y 190° C y que depende del material a trabajar. Para lograr estas condiciones se recurre al vapor, aceite caliente y resistencias eléctricas que son poco usadas por su alto consumo de energía y difícil manejo de zonas calientes o frías dentro del molde.

9.- Moldeo por Transferencia

9.1 Productos usualmente fabricados con esta técnica

Las piezas moldeadas por transferencia provienen de formulaciones menos duras que aquellas usadas para el moldeo por compresión aunque tengan algunas aplicaciones similares.

- Industria Automotriz

Engranes y poleas, perillas, tapas de distribuidor, cuerpos de bobina, soportes de apagadores y cajas de fusibles.

- Industria Eléctrica y Electrónica

Cuerpos de apagadores y pastillas de seguridad, piezas para el manejo de cableado, Interruptores y tabletas para circuitos integrados.

- Domésticos

Perillas y rizadoros, carcazas para planchas, cuerpos y partes de electrodomésticos como engranes y acoplamientos de aspiradoras.

9.2 Descripción General

El proceso implica dos partes fundamentales:

1.- La plastificación del material, es decir su reblandecimiento por calor y,

2.- El endurecimiento del compuesto por un segundo calentamiento

Para ampliar lo arriba escrito diremos que en el proceso de Transferencia, una cantidad de plástico termofijo (por lo general) es ubicada en una cámara caliente, usualmente de forma cilíndrica y calentada para ablandar el material que por medio de un pistón es obligado a pasar a un molde también caliente con una o varias cavidades donde el endurecimiento se llevará a cabo. Por último la pieza es retirada por medios mecánicos o manualmente. (ver figura 119 abajo.)

Este proceso a diferencia de la compresión obliga a el uso del bebedero y canales para el flujo del material hacia las cavidades del molde.

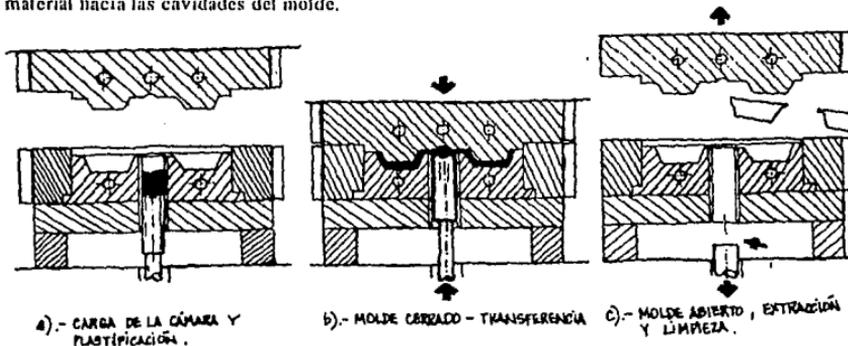


Figura 119. Esquemización del proceso de transferencia

9.3 Valoración del Proceso

Razones importantes para su uso

- Buena posibilidad de obtener piezas complejas, difíciles de producir por otro medio
- Alta precisión en las piezas formadas
- Excelentes resultados en la colocación de insertos
- Buenos resultados en el moldeo de diseños con orificios profundos y diferentes espesores de pared.
- Excelentes acabados de las piezas

Desventajas Notables

- Los ciclos de moldeo son mucho más lentos que otros procesos
- El Diseño, el proceso y equipo son más complejos que el de Compresión.
- Los moldes y el costo de maquinaria son comparativamente elevados

9.4 Materiales Adecuados para el Proceso

Los materiales empleados para el moldeo por transferencia son más suaves que las de compresión. Con esta limitación los tipos de plástico que se adaptan para el proceso son todos aquellos que abarcan los termofijos compuestos con o sin refuerzos.

9.5 Procedimiento

Resulta difícil establecer diferencias esenciales entre el moldeo por transferencia y el moldeo por inyección, además en muchos casos la maquinaria (no el herramental) para transferencia es el mismo que para el proceso de compresión.

Para el moldeo por transferencia se emplean máquinas de prensado verticales donde el material se plastifica fuera del cilindro ya que usualmente es medido, compactado y calentado hasta una temperatura cercana a la que el plástico alcanzará en su entrada al molde, entonces se deposita en la cámara caliente la cantidad suficiente para un ciclo de moldeo nada más.

El material plastificado es obligado a pasar al molde por medio de un pistón ajustado en las paredes de la cámara caliente para plicar la presión necesaria y llenar los moldes.

La cámara caliente, la mazoreta, canales y cavidades del molde se mantienen a temperaturas adecuadas para un rápido curado del termofijo. Esta normalmente se ubican entre 125 y 175° C dependiendo de las características del plástico a moldear, capacidad de la máquina y diseño del molde.

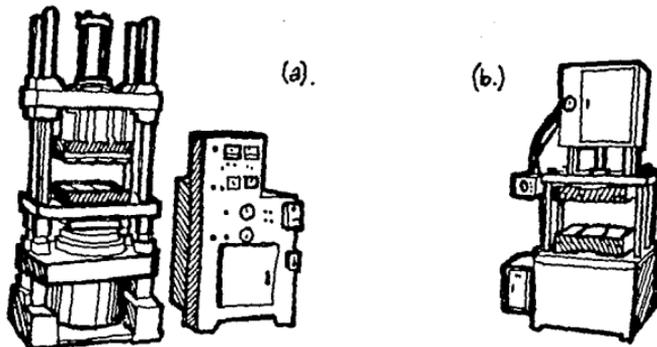


Figura 112. Máquina de Transferencia a).- De alta presión y, b).- De presión media . -

Cuando el endurecimiento del material así lo permite los productos se retiran del molde en una sola pieza con la mazarota y los canales de alimentación en una estructura muy similar a aquellas producto de la Inyección, se separan las deseadas para su acabado, mientras para un nuevo ciclo la cámara caliente y las cavidades son limpias.

Como en el caso de la compresión el ablandecimiento del material resulta de suma importancia para el éxito del moldeo ya que un material no adecuadamente plastificado puede polimerizar antes de terminar el ciclo, lo que produciría una pieza incompleta o quebradiza.

10.- Moldeo por Inyección (RIM)

10.1.- Productos Usualmente fabricados con esta Técnica

- Industria Automotriz y del Transporte
Defensas y topes, partes de carrocería, paneles interiores en especial tableros, volantes y perillas, asientos y otras aplicaciones de interiores como cabeceras y descansabrazos.

- Aplicaciones diversas
Suelas para zapatos, botas de calle y deportivas, flotadores, topes y boyas de uso marino, férulas de uso médico.

10.2).- Descripción General

El moldeo por medio del RIM (Reaction Injection Molding) es una forma de inyección relativamente nueva y consiste en realizar la polimerización directamente dentro de un molde, controlando las condiciones de temperatura y presión de los reactores implicados que fluyen al molde directamente.

10.3).- Valoración del proceso

Razones Importantes para su uso

- Las partes así moldeadas pueden ser grandes y complejas
- No hay refuerzos para el material durante el proceso lo que resulta en piezas de excelente respuesta mecánica.
- Produce piezas de notable acabado
- Acepta fácilmente la aplicación de insertos
- Las presiones manejadas en el proceso son relativamente bajas lo que significa un equipo más ligero y moldes en comparación más económicos.
- Se pueden moldear sin problema alguno formulaciones con refuerzo.

Desventajas Notables

- Maquinaria especializada de alto costo
- Requiere un estricto control de proceso

10.4.- Materiales adecuados para el proceso

Los materiales plásticos poliuretano (PUR) dominan comercialmente la producción de artículos por RIM a través de una amplia gama de formulaciones como diferentes densidades, rígidas o flexibles entre otras características más.

Es especial la flexibilidad que dan al diseñador los elastómeros de uretano al combinar propiedades de resistencia al impacto y a la corrosión además de ser fácilmente acoplables a formas caprichosas y para ejemplo podemos mencionar a las aplicaciones automotrices.

Los uretanos que se procesan con RIM son:

- Espuma rígida
- Elastómero de uretano de alto y bajo módulo de extensión
- Elastómero de alto módulo reforzado con fibra de vidrio. Este material presenta una mucho mayor dureza y resistencia al calor.

También se ofrecen en el mercado formulaciones especiales para RIM de Nylon 6 y resinas epóxicas, ambas de reciente aparición en el escenario del proceso y por tanto poco conocidas aunque prometedoras para campos fuera de la Industria Automotriz.

10.5).- *Procedimiento*

Para la producción de piezas por RIM el control de los materiales, temperaturas, presiones y mezclas debe ser minuciosamente vigilado. Los componentes básicos del sistema son:

- Alimentadores de reactantes

Son tanques acondicionados para contener a cada uno de los reactantes con temperaturas y presiones controladas por separado. Cuentan además de un agitador en su parte interna.

Forman parte de los alimentadores bombas que se encargan de la circulación y recirculación de materiales de los tanques al mezclador. (figura 122)

- Sistema de disparo o de inyección

Surte a los mezcladores de los materiales a una presión establecida

- Mezclador

Parte clave en el proceso puesto que el mezclado de reactantes debe ser rápidamente e intensivo ya que por lo general las sustancias reaccionan sumamente rápido una con otra. Esta formado por un pequeño cilindro donde se juntan los reactivos que son inyectados al molde por un pistón que a la vez limpia el cilindro.

- Molde

Este puede ser fabricado de acero, aluminio, resina epóxica reforzada en donde estas dos últimas se destinan a pequeñas producciones por su corta vida útil.

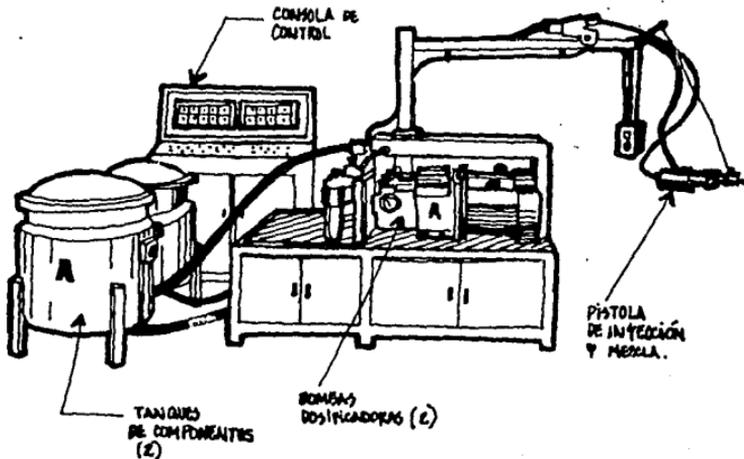


Figura 113. Máquina RIM para dosificación por alta presión

11. Vaciado

11.1 Productos usualmente fabricados con esta Técnica

- Vaciados de Acrílico
Láminas y barras, embebidos decorativos o para laboratorio, partes decorativas para mobiliario, dentaduras postizas y férulas de atención médica
- Vaciados de Nylon
Partes de baleros y rodamientos de uso pesado, bombas hidráulicas, cadenas y bandas para máquinas envasadoras, maquinaria en general.

11.2 Descripción General

El proceso de vaciado de termoplásticos consiste en verter en un molde con la forma deseada una formulación del material a procesar, la cual contiene resinas, catalizadores, cargas y otros aditivos para su polimerización o endurecimiento (figura 123). Lo mismo se puede lograr por la misma reacción química o modificando las condiciones del proceso, como son temperatura y presión.

11.3 Valoración del Proceso

Razones Importantes para su uso

- Permite la obtención de formas complejas a bajo costo
- Adecuado para pequeñas cantidades de producción
- Sus moldes son generalmente económicos
- La observación de las condiciones de Proceso es menos exigente que para otras técnicas.
- Las piezas formadas por vaciado no sufren tensiones durante el moldeo por lo cual generalmente ofrecen propiedades mecánicas satisfactorias.

Desventajas Notables

- Su ciclo de moldeo es necesariamente lento
- Las piezas obtenidas requieren procesos de postformado como limpieza o maquinado

11.4- Materiales adecuados para al proceso

Los materiales para el vaciado más importantes por su volumen son las resinas de metil metacrilato (acrílico), y en menor medida se procesan Nylon, PVC y resina poliéster.

11.5 Procedimiento

11.5.1 Vaciado de Acrílico

Los vaciados consisten en verter las formulaciones en los inicios del proceso de polimerización en moldes que posteriormente se conducen a hornos donde concluyen la reacción. Durante esta se liberan grandes cantidades de calor que inclusive si se salen de control pueden desembocar en explosiones, para un mejor manejo de esta situación es práctica común en la Industria detener la reacción por medio de inhibidores lo que da una resina parcialmente polimerizada, que al ser trabajada nuevamente produce menor cantidad de calor lo que hace más fácil su control y disminuye el riesgo de obtener productos defectuosos.

Resulta importante señalar la contracción que sufren las piezas durante su endurecimiento, porcentaje que dependiendo de los componentes de la reacción puede llegar hasta un 21% de las dimensiones originales al momento del colado.

Las principales aplicaciones del vaciado de acrílico son:

—Producción de láminas

El principal Proceso de Vaciado para producir láminas de acrílico consiste en un moldeo que se logra usando hojas de vidrio plateado perfectamente pulidas.

Los moldes a celdas lo forman dos de estas hojas de vidrio ligeramente más grandes que las piezas que han de moldearse las cuales se mantienen unidas por sujetadores o cinturones cuidadosamente colocados a manera de que corresponden a las contracciones del material. Para facilitar la operación se sitúan entre los vidrios cintas de PVC la que determina el espesor de la lámina y que será desechado hasta el proceso final de la hoja de acrílico.

Así son llenadas las celdas o moldes con la resina ya en proceso de polimerización. En este momento el grupo de moldes puede seguir según su espesor dos caminos:

- Laminillas delgadas a polimerización por horneado, y.
- Lámina comercial a tina de curado, para después pasar a un horno de postcurado.

Las laminillas son sometidas a un cuidadoso proceso de horneado para su endurecimiento que puede durar hasta 16 horas.

Para la fabricación de Láminas comerciales (la aplicación más conocida) pasan a una tina de curado, para prevenir calentamientos no homogéneos lo que provocaría burbujas o enturbiaría la pieza terminada. Se aquí se efectúa el desmoldeo y las hojas pasan a un horno de postcurado que no es tan riguroso como aquel usado en el proceso de laminillas. Este horno de postcurado se da la contracción más fuerte del material. (figura 115)

El proceso arriba descrito es el más común para fabricar láminas cuyos espesores van de 1.5mm hasta 2.5 cm

Otro proceso para fabricar láminas de acrílico se denomina "moldeo continuo" y consiste en realizar el vaciado entre dos grandes cintas de acero inoxidable perfectamente pulidas en sus caras interiores. Para determinar el espesor a formar se aplican cintas de PVC que también sellan los cantos de la cinta de acero. Estas con los vaciados se depositan en hornos especiales para un cuidadoso calentado del que se obtienen hojas largas de menor calidad óptica que las formadas por el método anterior pero con un mejor control de espesor que usualmente no pasan de los 9mm.

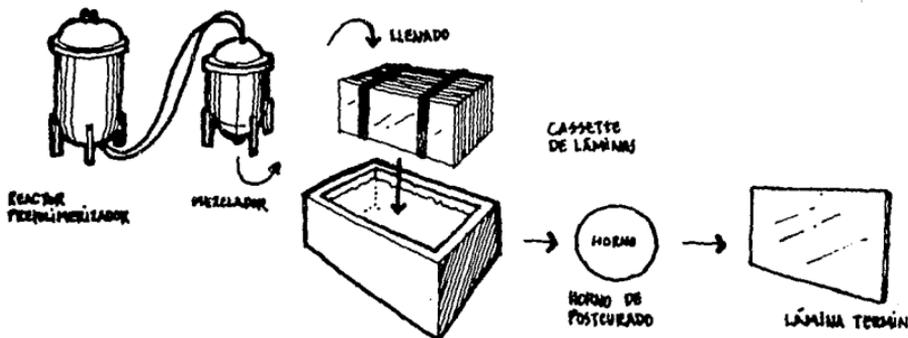


Figura 114. Diagrama de la fabricación de láminas de acrílico

11.5.2).- Vaciado de Nylon

Los vaciados de resina de nylon se usan ahí donde los procesos de inyección o extrusión resultan demasiado costosos en función de las dimensiones de la pieza, su forma y la cantidad a producir.

Las piezas de nylon fabricadas por vaciado se procesan prácticamente de cualquier tamaño y espesor. Consiste en verter la resina formulada con catalizadores y aditivos en un molde metálico, usualmente macho-hembra donde a temperatura y presión ambiental se realiza el curado de la pieza, la cual seguramente pasará a un proceso de postformado como maquinado o texturizado.

12.- Termoformado

12.1 Productos usualmente fabricados con esta técnica

- Industria de la Construcción

Domos y Arco de cañon, Tinas, charolas para mezclado

- Industria del Embalaje

Envases de boca ancha para lácteos, envases para postres refrigerados, vasos y platos para todo tipo de productos y usos.

Envases "planos" tipo ampolla y burbuja (blister y bubble pack) charolas de todas las formas y tamaños, envases para alimentos preparados, tapas a presión.

- En la Industria en General

Paneles para puertas de refrigeradores, lanchas, letreros publicitarios

12.2 Descripción General

El Termoformado o Termoconformado es una técnica la cual consiste en moldear láminas o películas de materiales plásticos en estado termoplástico por medio de vacío, soplado, elementos mecánicos o una combinación de ellos.

Todos los procesos de termoformado que arriba se mencionan obedecen a la secuencia:

- 1.- Reblandecimiento
- 2.- Formado
- 3.- Enfriado
- 4.- Recorte

1.- Reblandecimiento

Las láminas o películas son calentadas a temperaturas que oscilan entre 95 y 180° C dependiendo del material a transformar, esto se debe a:

- Si el material no es suficientemente plastificado puede fracturarse a lo largo del proceso.
- Si el material se sobrecalienta causará formas defectuosas por el deslizamiento en el molde o bien piezas manchadas o con burbujas.

Para calentar las hojas se aplican fuentes de calor convencionales como son ráfagas de aire caliente, hornos de flama y radiación con resistencias electrónicas (figura 115.)

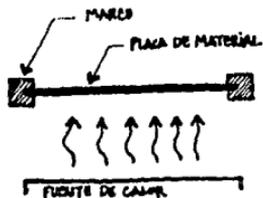


Figura 115. Reblandecimiento de las placas o láminas para termoformado

2.- Formado

En el formado se usan variaciones del proceso las que comprenden moldes para vacío o para soplado, moldes con embudidor y moldes macho-hembra los que veremos más adelante.

Para sostener las hojas que han de formarse se utilizan marcos con elementos de sujeción como pinzas mecánicas. (figura 116, abajo)

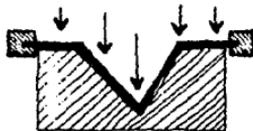


Figura 116. Formado de la lámina o placa

3.- Enfriado

Después de que la forma ha tomado la forma descrita por el molde la pieza tiene que mantenerse ahí durante un período de tiempo que le permita recuperar una parte de su rigidez original, lo que facilita la remoción del molde sin deformar el producto utilizando para esto medios como aire comprimido, chorros de agua o herramienta manual.

4.- Recorte

De acuerdo a la maquinaria, el corte del material sobrante a la forma idealizada puede realizarse dentro del mismo molde por medios manuales o, retirar la hoja ya formada para terminar el proceso en máquinas de corte lo que depende de los requerimientos de producción, recursos disponibles en la empresa y la precisión de la pieza.

Usualmente los subproductos de corte son reciclados para su máximo aprovechamiento.

12.3- Valoración del proceso

Razones importantes para su uso

- La maquinaria para termoformado es comparativamente compacta, sencilla y económica.
- El instrumental usado es barato debido a dos causas; la no intervención de temperaturas extremas y, que su hechura requiere de menor precisión que otras técnicas.
- Si bien se adapta sin problemas a líneas de producción automatizadas, también es rentable su uso en pequeñas series de producción.
- Acepta una gran variedad de formas y dimensiones desde pequeños hasta moderadamente grandes.

Desventajas Notables

- Sus ciclos de moldeado son largos, aunque existen máquinas de alta velocidad.
- La materia prima es lámina o película de plástico lo que obliga a la aplicación de un proceso anterior el termoformado.
- El material al ser estirado no produce paredes uniformes en toda la pieza.
- Los productos después del formado por lo general requieren de un proceso de acabado.

12.4 Materiales adecuados para el proceso

Diferentes materiales termoplásticos pueden ser aprovechados mediante el termoformado, los más comunes son:

- Poliestireno, de gran importancia para la Industria del embalaje
- Poliestireno espumado, para embalaje
- ABS, para paneles de automóviles y refrigeradores
- Polietileno de todo tipo, para paneles de refrigerador
- PVC, para embalaje
- Acetato de celulosa, para empaques blister y burbuja
- Policarbonato, para ventanas de aviones y usos de Ingeniería
- Acrílico, para tinas, domos y arcos de cañón.

12.5- Procedimiento(s)

Las máquinas de termoformado pueden ser de dos tipos: uno utiliza el material en rollos que alimentan directamente a la máquina, y otro que consume material en láminas previamente cortadas a medida, esta es más lenta que la primera.

Las partes de una termoformadora son (figura 128):

1.- Calefactor

Que consumen energía eléctrica o gas

2.- Sistema de conformado

Puede incluir unidades de vacío o soplado y dispositivos mecánicos como émbolos.

3.- Sistema de sujeción del material

4.- Molde

Estos pueden ser de varios tipos de metales aunque para producciones numerosas se prefiere el aluminio o un acero no muy duro.

Para pruebas y producciones piloto es común encontrarse con moldes de otros materiales como madera o resina poliéster.

La fabricación de domos no requiere de moldes, ni así tampoco el empaque de burbuja pues ambos son soplados.

Las máquinas de termoformado se ofrecen en el mercado desde tamaños compactos y de baja capacidad para empaque principalmente, hasta grandes productoras de tinas para hidromasaje o protecciones para cajas de camionetas.

Las técnicas particulares de termoformado son:

12.5.1 Formado al vacío

En esta la placa de plástico debidamente sujeta hasta su punto de reblandecimiento iniciado y se coloca encima del molde, el cual está fabricado con ductos a través de él para generar el vacío por parte de la máquina que al intentar absorber la lámina succionándola la obliga a copiar la forma del molde (figura 119) el cual puede ser macho o hembra.

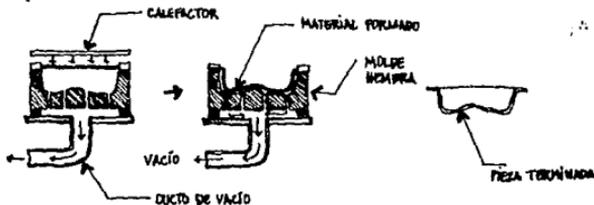


Figura 117. Termoformado al vacío

12.5.2 Termoformado con émbolo

Este proceso es conveniente para varias piezas profundas como vasos y contenedores. Aquí se aprovecha la utilización de elementos mecánicos (generalmente uno o dos) que ayudan al estirado de la pieza la cual puede evitar una gran disparidad en sus paredes se sopla una burbuja que el émbolo obliga a tomar forma por el molde determinada.

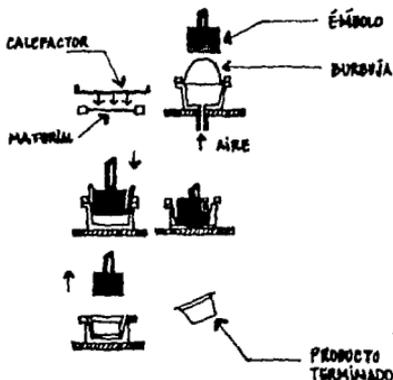


Figura 118. Termoformado con émbolo

12.5.3 Termoformado por burbuja

Esta se aplica para la fabricación de domos y empaques de "burbuja" y consiste en la fijación de la lámina previamente calentada y suavizada en una "mesa de formado". Bajo la cual se encuentra un sistema que inyecta aire a presión provocando que el material se "infla", hay que mantener la presión del aire hasta que el plástico ha endurecido.

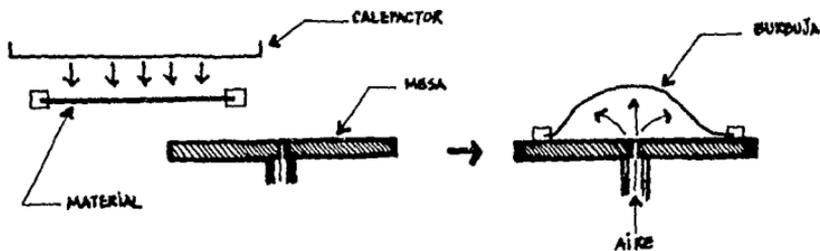


Figura 119. Termoformado por burbuja

12.5.4 Moldeado por estirado.

El proceso consiste en la colocación de una lámina calentada y suavizada por un molde de termoformado profundo. Un émbolo situado en la parte superior obliga a bajar al material, que al mismo tiempo es aspirado por la máquina a tomar la forma deseada.

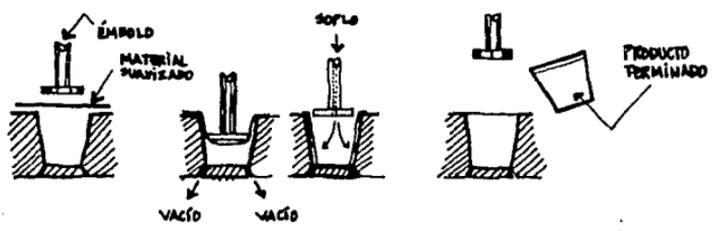


Figura 120. Termoformado por estirado

13.- Técnicas especiales para resina poliéster reforzada

13.1 Productos usualmente fabricados con estas técnicas

Ante la enorme cantidad de productos, sólo mencionaremos algunos de los más comunes.

Partes de carrocerías, lanchas, remolques, artículos decorativos, Carcazas de máquinas herramientas, tubos, botones, molduras, encapsulados y componentes de electrónica.

13.2 Descripción General

Cada uso o aplicación requiere de una formulación específica y de la selección de una técnica adecuada para el producto, los métodos de moldeo se ponderan en base a los detalles de la pieza y:

- a).- La capacidad de producción de la empresa transformadora
- b).- Cantidad de piezas a producir
- c).- Grado de dificultad de la pieza
- d).- Plazo de entrega

Estas consideraciones y algunas particulares más perfilan la técnica de transformación más adecuada de entre las disponibles y que tratamos en el punto 13.5 "Procedimientos".

13.3 Valoración del Proceso

La explicación que se da en el punto 13.5 permitirá al lector ubicar las características de cada técnica.

13.4 Materiales adecuados para el proceso.

La producción de artículos de resina poliéster reforzada implica la necesaria participación de dos elementos:

- 1.- La resina poliéster en formulaciones especiales para cada aplicación.
- 2.- Los materiales de refuerzo, donde los principales son:

- Fibras de Celulosa

Alfa celulosa, yute, sisal, algodón y rayón

- Fibras sintéticas

Poliéster, nylon y poliacrilonitrilo

- Fibras de asbesto

- Refuerzos especiales

Fibras de carbono y grafito, boro tungsteno, cerámicas

-Cargas reforzantes, y

-Fibra de vidrio

Esta última sin lugar a dudas resulta la más importante por su gran difusión e innumerables aplicaciones, y será el foco principal de nuestra atención.

La fibra de vidrio presenta características que avalan su importancia en la Industria:

- a).- Es completamente incombustible
- b).- Tiene una alta resistencia a la tensión
- c).- Es biológicamente inerte
- d).- Su resistencia al intemperismo y a gran cantidad de agentes químicos es excelente

- e).- Tiene excelente estabilidad dimensional
- f).- Es mal conductor térmico

Para su uso como reforzante la encontramos en varias presentaciones que son:

- Mecha

También conocido como "roving" o "soga", el cual es el más usado entre los tipos de fibra de vidrio para la Industria transformadora. Es un cordel de fibra de vidrio embobinado en carretes.

- Colchoneta

Es una forma muy conocida, principalmente por su facilidad de aplicación. Es una tela formada por filamentos cortos de fibra de vidrio sin una orientación definida. Se vende en rollos de varias clasificaciones de 308,462 y 616 gr/m² y su ancho disponible comúnmente es de .90 y 1.30 mts.

-Petalillo

Esta otra presentación también similar a una tela, esta formada por cordeles de "roving" tejidos en forma entre cruzadalo que hacen ángulos rectos en la trama lo que permite obtener una mayor respuesta a esfuerzos mecánicos. Sus grados comerciales son 300, 500 y 850 gr/m², sus anchos de .90 y 1.30 mts.

- Velo

Se apariencia muy similar a la colchoneta pero más delgada y fina, es muy usada para dar acabado y cooperar a mejorar la resistencia al intemperismo de el producto.

- Filamento

A esta presentación se le usa normalmente para reforzar resinas en mezclas para técnicas como vaciado y encapsulado. No es otra cosa que pequeños filamentos cuya longitud se ubica entre 1.25 y 5 cms. según las densidades del producto.

13.5 Procedimiento(s)

Los métodos de moldeo para resina poliéster reforzada son los siguientes:

- 1.- Proceso "manual" o "picado"
- 2.- Proceso de aspersión
- 3.- Pressado en caliente
 - 3.1.- con preforma
 - 3.2.- con premezcla
 - 3.3.- con preforma impregnada
- 4.- Embobinado
- 5.- Centrifugado
- 6.- Pressado en frío
- 7.- Moldeo por transferencia
- 8.- Bolsa a presión
- 9.- Formado al vacío
- 10.- Con macho elástico
- 11.- Extrusión

Los moldes empleados en estos procesos pueden variar de muy sencillos para producciones de prueba o muy cortas a sumamente complicadas para grandes producciones, como algunos casos en el proceso de transferencia.

Los materiales para estos moldes son la misma resina de poliéster reforzada de acero y la madera, todos requieren de buen acabado debido a la capacidad de copia que tiene la resina.

13.5.1 Proceso "manual o picado"

Es la técnica más difundida puesto que su práctica es artesanal no requiere de equipo especializado ni conocimientos profundos sobre la materia y consiste en pocas palabras en la disposición de la fibra de vidrio escogida sobre el molde para después bañarla con resina reaccionando, por medio de una brocha al endurecer la pieza es retirada del molde.

El "picado" atractivo por su economía en maquinaria y equipo resultará ser un proceso poco productivo debido a sus lentos ciclos y aplicación intensiva de mano de obra.

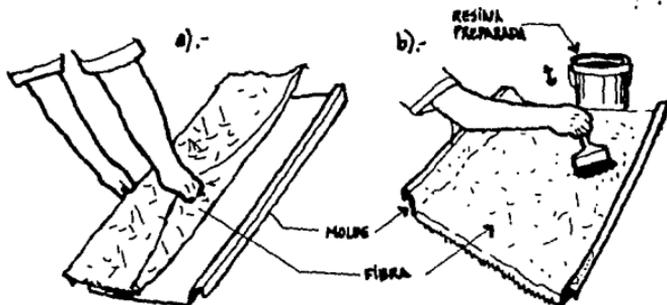


FIGURA 120. Pasos esenciales del "picado" de fibra de vidrio. a).- Colocación del refuerzo sobre el molde b).- "Picado" de la resina

13.5.2 Proceso de aspersión

Muy similar a la anterior forma de aplicación pero mucho más rápida, ya que la disposición de materiales se realiza en forma conjunta por medio de una máquina que se denomina de "aspersión" (figura 122), que se encarga de recortar el refuerzo (que hasta ese momento es de "rovíng o sogá") en pequeños filamentos que lanza mezclados con resina y otros componentes, lo que evita realizar esta operación en forma manual.

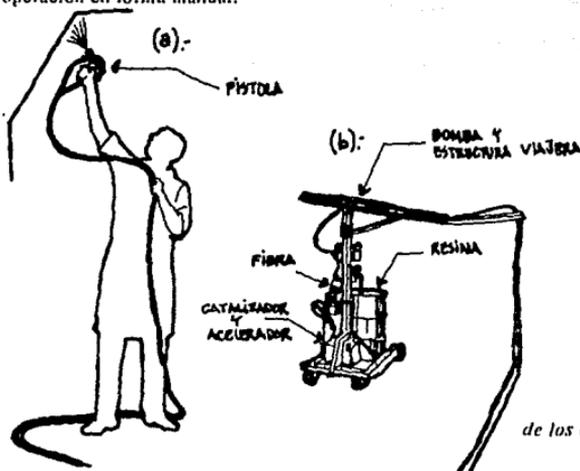


Figura 122.
Proceso de aspersión.
a).- "Aspersión"
de los componentes sobre el molde y,
b).- de aspersión común.

No obstante que los rendimientos de este proceso son mucho mayores que el picado manual, hay que hacer notar que la aspersion requiere de mano de obra intensiva desde el proceso mismo y el acabado de las piezas.

13.5.3 Prensado en caliente

13.5.3.1 Con preforma

Este proceso diseñado para producción a gran escala ofrece las siguientes ventajas:

- Piezas con alto contenido de reforzante
- Excelente acabado en toda la pieza
- Alta producción con mínimo desperdicio
- Mínima labor de acabado

Sin embargo una seria desventaja de este proceso es el elevado costo de maquinaria y herramienta, que en general son prensas y moldes (figura 123) a lo que hay que agregar una máquina de producir "preformas".

Una "preforma" en esta técnica consiste en una débil réplica de la pieza a moldear, hecha de fibra y de un aglutinante (No de resina común) la cual habrá que hornearla para endurecerla sólo un poco.

Así, la preforma es depositada en el molde ubicado en la prensa, donde se vierte la cantidad de resina necesaria para el moldeo, la prensa baja e inicia la polimerización gracias a la presión generada por la máquina y alta temperatura propia del molde.

La pieza al endurecer es retirada del molde para realizar el corte de rebaba y otras operaciones de acabado

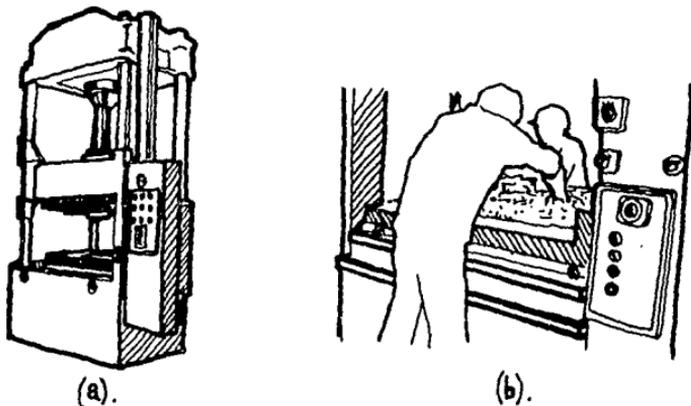


Figura 123. Prensado en caliente con preforma. a).- Prensa para plástico reforzado y b).- Ubicación de la preforma en el molde

13.5.3.2 Con premezcla o prensado en caliente

Este es un proceso más económico que el anterior ya que no requiere de preforma, aunque las piezas moldeadas aquí tienen menos dureza debido a que la distribución del refuerzo no es tan efectivo como en el prensado con preforma.

En el prensado con premezcla el material de refuerzo se encuentra líquido en la formulación formando una mezcla espesa que contiene normalmente resina, carga, desmoldante, color, catalizador, y finalmente de fibra de vidrio.

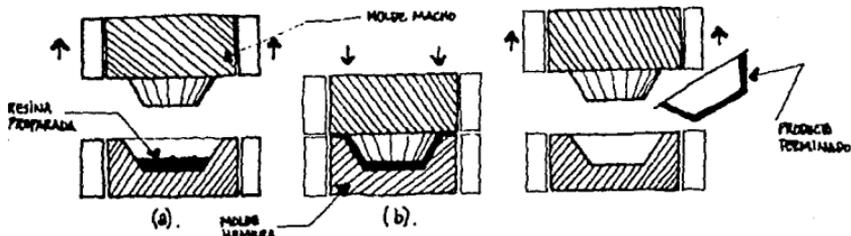


Figura 124. Esquema de la operación básica de un molde de prensado en caliente con premezcla. a).- Molde abierto b).- Molde cerrado

La resina preparada se deposita en el molde, el cual al cerrar obliga a la mezcla a tomar la forma deseada. La presión y la temperatura del molde terminan el endurecimiento de la pieza que es entonces retirada.

13.5.3.3 Prensado en caliente con preforma impregnada

Los productos obtenidos con este proceso son muy apreciados por la industria automotriz ya que usualmente su resistencia física y mecánica es sobresaliente.

La mezcla de materiales aquí se presenta en forma de lámina plana que para protección durante el manejo se le cubre con película de polietileno.

La hoja se deposita en el molde caliente de la prensa (figura 125) donde se retira el polietileno, se cierra el molde hasta que la pieza endurezca y sea removida para su acabado.

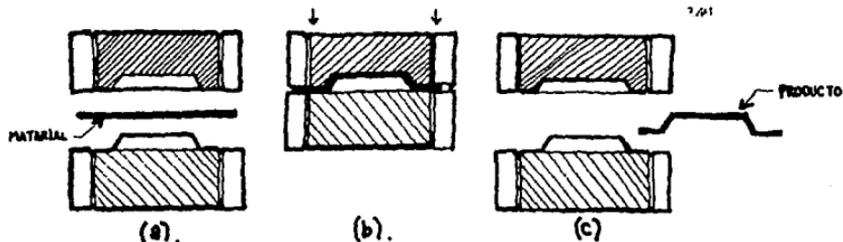


Figura 125. Prensado en caliente con preforma impregnada. Esquema de los pasos de que consta su operación a).- Se deposita la lámina impregnada, b).- Baja la prensa, c).- Se retira la pieza.

13.5.4 Embobinado, de filamento continuo

Se utiliza este proceso para la fabricación de tubos y tanques de plástico reforzado con buen acabado interior y resistencia mecánica.

La técnica se explica en forma sencilla pues consiste en el "enrollado" del material de refuerzo (usualmente "roving" aunque no únicamente) a un eje que actúa como molde.

Este enrollado lo realiza una máquina que corre paralela al molde y que se encarga de tensar e impregnar la fibra de vidrio con la resina adecuada.

13.5.5).- Centrifugación

Se emplea principalmente para la fabricación de tubos y tanques de gran exactitud y consiste en un cilindro a manera de molde dentro del cual se colocan materiales de refuerzo. Después se hace girar vigorosamente al cilindro mientras se agrega al compuesto de resina al interior del molde. La fuerza centrífuga produce un material reforzado de gran homogeneidad en sus paredes.

13.5.6 Prensado en frío

Aquí los moldes son de plástico reforzado a manera de marcos en los cuales se les han aceptado sistemas de enfriamiento como serpentinas de tubo de cobre para alargar la vida útil de el molde.

Las prensas mecánicas son usadas a baja presión por lo que es posible la aplicación de máquinas más económicas que otras necesarias para los procesos que anteriormente hemos visto.

13.5.7 Moldeo por transferencia

El material de refuerzo en preforma o en colchoneta se ubica en el fondo de el molde, se cierra este y se inyecta la resina preparada, esto último a considerable presión. La misma que se mantiene hasta la apertura del molde para retirar la pieza ya formada.

13.5. Bolsa a presión

Las piezas que se obtienen por este proceso tienen un buen acabado por ambas caras además de un adecuado comportamiento a esfuerzos mecánicos.

Se requiere un molde con la forma a generar y una bolsa, de vinilo generalmente y moldeada de acuerdo con la pieza.

En el molde se colocan el material de refuerzo (colchoneta) y la resina preparada. Se coloca la bolsa encima del molde y se sujeta con marcos, posteriormente se infla la bolsa provocando una presión uniforme sobre la resina y el refuerzo (figura 126) la presión se mantiene hasta que la pieza endurezca y sea removida.

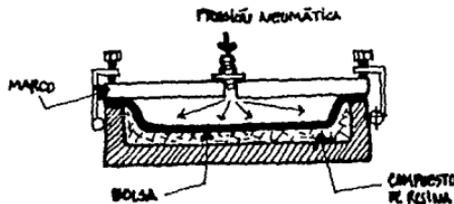


Figura 126. Moldeo por bolsa a presión

13.5.9 Formado al vacío

Ver capítulo XII apartado 12 "termoformado"

13.5.10 Moldeado por macho elástico

Este proceso se aplica para obtener piezas profundas y precisas. Consiste en un émbolo o macho, montado en una prensa hidráulica o neumática el cual es ligeramente más estrecho y largo que la cavidad del molde hembra.

En el fondo y paredes de la cavidad se coloca el refuerzo posteriormente se deposita en la resina, se acciona el émbolo para que se introduzca obligando a la resina a subir a las paredes de la cavidad bañando al refuerzo ahí situado. La presión se mantiene hasta el endurecimiento de la pieza.

13.5.11 Proceso de extrusión

Ver Capítulo XII, apartado 1 "Extrusión"

CAPÍTULO XI

SELECCIÓN DE UN MATERIAL PLÁSTICO

Introducción

Un hecho sumamente interesante acerca de la Industria de los plásticos es que su impresionante crecimiento y cuyo despegue no se inició más allá de cincuenta años a la fecha, se ha dado con increíbles carencias de una base práctico-tecnológica acorde con su dinámica.

Con pocas excepciones las aplicaciones de los plásticos se han dado en un proceso de ensayo y error, que en forma positiva generan respuestas a los problemas con gran creatividad y arrojo que no se hubieran dado como producto de un análisis exhaustivo. Pero por el lado negativo, se han provocado verdaderos desastres económicos y de planta.

Si bien es cierto que el mercado de los objetos de plástico incluyen una variedad enorme de requerimientos sencillos de satisfacer (a veces vanales) muchos de los productos con los que habrá de competir la Industria Mexicana del Plástico, incluyen aplicaciones más sofisticadas. A este reto el Diseño Industrial no puede soslayar su responsabilidad y pasarla a otras profesiones, así la selección y propuesta de un plástico a usar para un producto específico debe ser considerado como un problema de Diseño.

De cualquier manera el crecimiento de la Industria se ha dado sin una tecnología acotada en sus límites, pero eso no significa que no se haya reconocido plenamente la necesidad de la misma.

Se plantean dos problemas que han retardado el desarrollo de técnicas de diseño y selección de materiales plásticos:

1.- La Industria del Plástico capta profesionistas de disciplinas muy variadas las cuales reflejan sus antecedentes orientando los procesos de diseño y selección hacia sus particulares campos. Así, un mismo problema puede ser desde la óptica de un Ingeniero Mecánico uno de flexión y simultáneamente, el mismo podría ser visto por un químico como un problema de modificación de estructura molecular.

El desarrollo del producto de plástico usualmente requiere de un manejo de propiedades que analizan y solucionan muchos campos.

2.- La literatura sobre plásticos y en especial de los polímeros es muy vasta, por lo cual no se carecen de herramientas para poder predecir con aceptable precisión la conducta de una forma de plástico, lo que no es fácil encontrar es el sistema ordenado para aplicar un mar de datos, cifras, tablas, cartas, etcétera a un problema concreto de diseño.

Así es común que el diseñador al trabajar utiliza información proveniente de otros materiales (como los metales) lo que le permite salir del problema con posibilidades de éxito, pero el proyectar con plástico también necesita datos (como los de prueba de impacto) donde las comparaciones con otras materias primas son de poca o nula utilidad, aquí la experiencia del equipo de diseño se demuestra de gran valor. Las más de las veces la selección de un plástico es labor compleja y dilatada que requiere de ser sistemática para ser eficiente.

A manera de propuesta se describe adelante los puntos básicos por analizar y que nos han de conducir a uno o varios materiales adecuados para una aplicación determinada. De ninguna manera debe ser vista como una receta sino más bien como un programa ordenado y flexible de trabajo. Muchos pasos podrán ser rápidamente desarrollados o inclusive ignorados esto depende si el diseño es una mejora o una adaptación de uno ya existente, del cual podremos obtener valiosa información fácilmente. Pero si la aplicación es de un producto innovador o sujeto a condiciones críticas de trabajo, el análisis podrá ser complejo y requerirá de constante retroalimentación la que obtendremos sólo de la experiencia de modelos y prototipos. No se pretende tampoco que esta secuencia nos lleva a determinar con todo detalle al material plástico idóneo a usar, puesto que los resultados primarios que obtendremos hablan sólo de una familia de materiales de los que habrá que realizar una nueva revisión esta vez en base a información precisa de los fabricantes de los posibles materiales.

Es importante señalar que la selección de un plástico *no es un trabajo para el final del proyecto* de diseño, nada más alejado de la realidad, en la mente del diseñador o del equipo de diseño al momento de la concepción misma del producto brotan propuestas acerca del plástico a usar y que serán valoradas eliminando las menos adecuadas, fortaleciendo las que cumplan mejor con las necesidades del producto. Es aquí donde los conocimientos y experiencia del grupo de diseño adquieren gran valor en el éxito o fracaso de un producto de plástico.

Proceso de Selección de un Material Plástico para aplicaciones específicas.

El proceso funciona como se ilustra

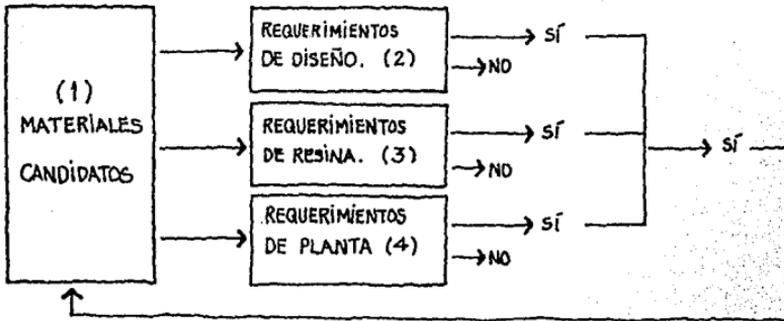


Figura 127. Diagrama del proceso de Selección de un Material Plástico

1).- Materiales candidatos

Son propuestas del equipo de diseño como resultado de:

- Investigación propia
- Similitud de otras aplicaciones
- Participación en el proyecto de proveedores de materia prima o maquiladores, y.
- Experiencias propias del equipo

Determinar los materiales candidatos NO es necesariamente considerar a todo material concebible y que tal vez pueda realizar el trabajo sino el ubicar rápidamente aquellos que cumplen con las principales funciones del producto.

La lista de candidatos para aumentar en todo momento del proceso y también son candidatos aquellos materiales que rechazados en algún requerimiento puedan formularse con aditivos o cargas y así cumplirlo.

2).- Requerimientos de diseño

La información que debe contener este análisis es:

- a).- Planos detallados de la pieza
- b).- Descripción de funciones de la pieza
- c).- Descripción de las partes con las que estará en contacto durante su fabricación final.
- d).- Apariencia

Habrà que considerar la textura en todas sus caras, color o colores deseados, será opaca o translúcida, el brillo u opacidad que mostrará la pieza y si este es alto, medio o bajo.

- e).- Descripción de la forma en que se fabricará el producto;
En instalaciones propias de la Empresa o será un producto a maquilar en una planta externa.
- f).- Descripción precisa del segmento del mercado, del comprador y del usuario de la pieza.
- g).- Descripción de las propiedades requeridas al producto durante su aplicación:

- Duración de la pieza

Estimación de la vida útil del producto acorde a la calidad requerida para el, la durabilidad de otras piezas si forma parte de un conjunto, la imagen de la empresa y estrategia de mercadotecnia.

- Temperatura de trabajo de la pieza

- Resistencia al impacto

Magnitud y frecuencia de los esfuerzos de impacto a los que podrá ser sometido el producto, aquí se debe mejorar otros elementos extremos como uso rudo y vandalismo.

- Resistencia Química

Considerar el medio ambiente en términos amplios; agua, alimentos, jabón, solventes y polvo, por ejemplo.

- Resistencia Mecánica

Describir los esfuerzos de todo tipo a los que habrá de ser sometida la pieza, incluir abuso.

- Dureza requerida en base a su función

3).- Requerimientos de la Resina

Aquí se especifican todas las propiedades que deseamos del plástico en su aplicación final, y son:

a).- Requerimientos de impacto y fatiga.

b).- Propiedades mecánicas. Las principales son:

- Esfuerzo a la tensión lo que nos guía hacia la rigidez de un material
- Esfuerzo a la flexión
- Esfuerzo a la elongación
- Dureza

c).- Compartimiento deseado a la temperatura, retención de propiedades en condiciones críticas.

d).- Propiedades Dieléctricas. Oposición del material a ser usado como un conductor de electricidad.

e).- Propiedades antiestáticas.

4).- Análisis del Proceso de Transformación

a).- Planta física en disposición, tipos de maquinaria y herramienta que se dispone, ya sea propia o en maquila.

b).- Operaciones de acabado y armado.

Decoración, soldadura y ensamble

Ruta crítica para su armado en planta

c).- Normas que debe cubrir el producto. Tanto la resina de que esta hecho y el producto mismo. Los materiales resultado de este proceso en una primera fase son aquellos que en mayor o menor medida cumplen con los requerimientos, y la dirección debe apuntar siempre a la propuesta de plásticos que eviten los extremos:

Uno, tratar de hacer que un material sea capaz de hacer aquello para lo cual NO esta formulado, tendencia común hacia los materiales económicos como polietileno y estireno, y.

Dos, sobre pasar el requerimiento al ofrecer un material que muestra una mejor conducta a lo que se pide. Esto último resulta usual al seleccionar un plástico caro para satisfacer el interés de algún participante del equipo de diseño, por ejemplo el área de ventas, o a producción.

Posteriormente se hace imprescindible un análisis de costos y rediseño en prototipos, lo que nos llevará a la decisión por un sólo tipo de materia prima.

CAPÍTULO XII

DISEÑO DETALLADO

Introducción

Si bien es aceptado que el diseño a detalle de un producto a fabricar en plástico no es total responsabilidad del diseñador del mismo, la realidad es que el trabajo a este se exige prácticamente definido en todos sus aspectos.

Para cooperar con el diseñador en esta tarea (que de cualquier manera tiene que resolverse en forma interdisciplinaria), exponemos algunas particularidades a considerar durante el diseño de un producto fabricado en plástico y que se ordenan en dos partes:

Del punto 1 al 11 inclusive, corresponde al tratamiento de la pieza para un correcto moldeo y buen desempeño durante el uso final de la misma.

Del punto 12 en adelante se dirigen a detallar el producto con el propósito de obtener la mejor unión o ensamble después del moldeo ya sea con otra pieza de plástico o con otro material.

1.- Línea de partición

La inmensa mayoría de los moldes empleados en la Industria están formados en esencia por dos partes, llamadas "macho" y "hembra", el punto donde ambos se juntan se denomina "línea de partición" o "línea de cierre". De ésta manera no obstante un buen diseño de la pieza, un buen diseño del molde sumados a una precisa fabricación del mismo, el producto moldeado siempre mostrará una marca o bien un bordesillo que indica la ubicación de la línea de partición en el molde o herramienta.

Resulta evidente el ubicar la línea de partición en un sitio del producto donde se favorezca un buen desmoldeo y discreta marca, sin mermar la calidad estética de la pieza por moldear. Algunas propuestas para disminuir esta marca son:

- Ubicar un borde en el lugar de la partición. (figura 128. abajo)

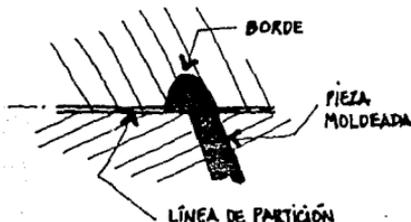


Figura 128. Línea de partición en el borde de la pieza

- Ubicar la línea de partición en una parte de la pieza donde se formen dos planos.

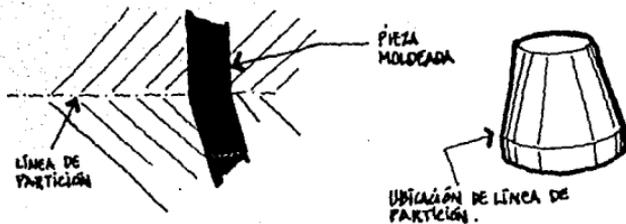


Figura 129. Línea de partición que divide dos planos

- Colocar los canales de alimentación (en el caso de moldes que producen varias piezas por ciclo) ahí mismo donde la línea de partición.

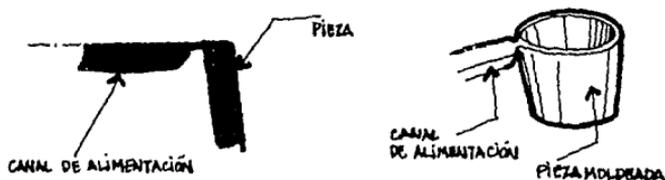


Figura 130. Línea de partición en el canal de alimentación

2.- Radios y esquinas

Entre las causas que originan el fracaso de una pieza en sus funciones es la presencia de esquinas afiladas. Al reducir al mínimo en el diseño estas esquinas, se reducen también las concentraciones de esfuerzos lo que permite a el producto mostrar buenas conductas en su resistencia mecánica. Los radios adecuados ayudan además, a un buen flujo del material durante el moldeo y favorecen la botadura de la pieza.

El radio del fillete debe ser todo lo más grande posible y localizarse en las esquinas tanto internas como externas, un radio de 1 mm es aceptable usualmente para productos como vasos y tapones adn cuando se requiera un margen agudo como el que se muestra en la figura 131



Figura 131. Ubicación correcta de radios en esquinas

3.- Angulo de calado

El diseño del producto debe considerar una conicidad o "calado" que permita la fácil remoción de la pieza fuera del molde. Es práctica común ofrecer ángulos entre .5 y 2° de inclinación por lados interno y externo.

Cuando una pieza es más profunda de lo usual y la forma de la misma compleja conviene aumentar un poco más la conicidad de las paredes internas.

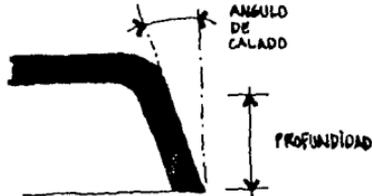


Figura 132. "Angulo de calado"

Se han utilizado con éxito angularidades muy pequeñas e inclusive piezas sin angularidad alguna. Sin embargo los ángulos de calado muy pequeños implican riesgos en producción ya que de fallar el molde puede deformar la pieza por un excesivo "arrastre" de las mismas.

4.- Ahuecamientos

Algunas piezas requieren inevitablemente de formas re-entrantes o ahuecamientos los cuales plantean interesantes problemas a resolver durante el diseño y manufactura del molde ya que normalmente no pueden ser logrados con un molde sencillo macho-hembra (figura 151).

Siempre será preferible evitar los ahuecamientos e incluso alguna propuesta son imposibles de moldear o resultan sumamente costosas. Por regla general de la Industria estas se deben estudiar para resolverse por medio de maquinado y no por moldeo.

Existen varias formas para fabricar piezas con ahuecamientos externos, y ellos usualmente requieren de una o más partes móviles en la cavida del molde (figura 133), y que conocemos usualmente como "corazones".

También se da la posibilidad de que si las formas reentrantes son sencillas y de poca profundidad (los que encontramos como "labios", comunes en aplicaciones de embalaje), pueden moldearse sin necesidad de utilizar partes móviles en el molde. En ellas se aprovechará la plasticidad del material aún caliente para desmoldarse.

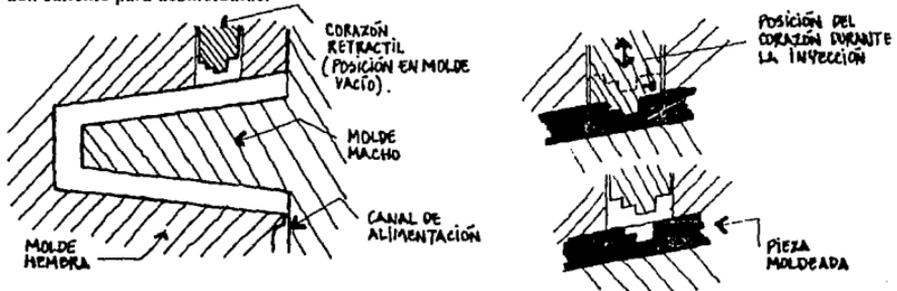


Figura 133. Corte esquemático del molde con corazón retráctil

5.- Espesor en Sección.

Si bien el espesor de la pieza a moldear se rige por los esfuerzos que la misma habrá de soportar también son de suma importancia otras consideraciones que el diseñador debe valorar como costos, estética y moldeabilidad.

Toda pieza moldeada requiere de un espesor de pared que permita su enfriamiento lo más rápidamente y así eficientar la producción:

El espesor mínimo de trabajo para aplicaciones en termoplásticos es de 1.25 mm para piezas pequeñas aunque para productos extremadamente pequeños la sección puede ser de hasta .75mm. Como todo en los plásticos, ninguno de estos límites es absoluto ya que dependiendo de la forma de la pieza y la resina a usar se pueden obtener espesores más delgados aunque también de mayor dificultad.

Por el otro lado el espesor máximo de sección depende de las características específicas de cada material aunque es práctica común recomendada no sobrepasar 10 mm. En piezas donde se requiere de la aplicación de espesores más gruesos como enfriamiento de los mismo es difícil de controlar, lo que ocasiona contracciones que determinan el aspecto del producto y pueden propiciar fallas e inclusive fracturas. Para mejorar los resultados del diseñador puede hacer uso de "costillas" u otras estructuras de refuerzo y ofrecer una resistencia equivalente (ver el punto 6 de este capítulo "Costillas") para así cooperar a obtener una pieza más ligera, confiables y estética a menor costo.

Sea cual sea el espesor de sección usado es de suma importancia que este se presente lo más uniforme posible en toda la pieza, a manera de que el enfriamiento posterior al moldeo sea homogéneo evitando deformaciones. (figura 134).

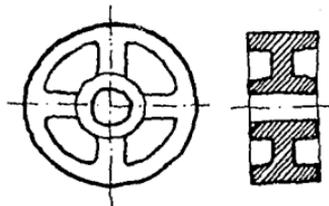


Figura 134. Diseño de una polea donde se cuida el espesor constante de sección en toda la pieza

Cuando el diseño de la pieza obliga a el uso de dos o más secciones la transición de una a otra debe ser lo más uniforme y suave posible, a manera de favorecer un flujo constante de la resina en el llenado de la cavidad.

Debe procurarse la colocación de espesores delgados después de espesores gruesos de manera que no queden partes sin llenar. De realizarse la operación en forma inversa puede dar zonas vacías dentro de la cavidad y tensiones en la pieza que se verán reflejadas en su uso.

Todos estos comportamientos son diferentes en cada tipo de plástico y atender las indicaciones del proveedor del mismo será sumamente útil para determinar un correcto espesor de sección para un uso determinado.

6.- Costillas

Un impulso natural para hacer más rígida una pieza es aumentar el espesor del material y aunque lógico esto no es conveniente debido a que:

- Su moldeo es más complejo y no garantiza una pieza exitosa.
- Su costo al requerirse más material, aumenta.

Una buena solución al problema es añadir al diseño costillas localizadas apropiadamente, ya que esto incrementa la capacidad de respuesta a esfuerzos de la pieza a la vez que reduce el espesor de

pared o sección necesarios para cumplir con el trabajo, abarata el costo de la misma disminuyendo el material necesario y agilizando el ciclo de moldeo pues favorecen el flujo del plástico en la cavidad del molde además de un enfriamiento homogéneo.

El diseño y ubicación de costillas debe realizarse cuidadosamente, como en el caso de espesor de sección, costillas gruesas y pesadas pueden provocar hundimientos en la pieza o burbujas que tendrán como resultado desde la manera estética del producto hasta una falla catastrófica (fractura). Es preferible la utilización de costillas delgadas y largas en vez de gruesas aún cuando haya que ubicar un mayor número de ellas. Aunque que espesor de sección y la altura de la pieza limitan al diseño de costilla, abajo se muestran algunos datos que ayudarán a una correcta configuración.

Se debe procura también para un mejor resultado, la ubicación de las costillas en juegos coordinados frente a frente a manera de evitar distorsiones durante el enfriamiento principalmente, y por otro lado ofrecer una mejor respuesta mecánica del producto en su uso.

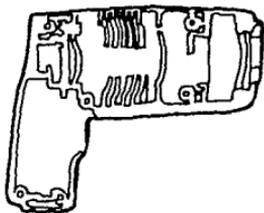


Figura 156. *Diseño intrincado de costillas para añadir resistencia a esta carcasa de taladro manual.*

Es común que las costillas al enfriarse provoquen leves hundimientos que son posibles disimular de las siguientes maneras:



Figura 136. *Formas usuales para disimular hundimientos de los respaldos de costillas*
a).- De domo, b).- De escalón

Otras formas de aumentar la rigidez de una pieza sin usar costillas son: a).- Acanalar la pieza, b).- Doblecres y, c).- Provocar curvaturas.

7.- Superficies planas

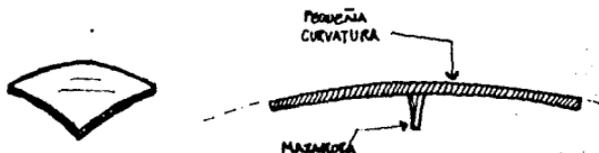
Las grandes superficies planas no son adecuadas para el moldeo de materiales plásticos y especialmente, para los termoplásticos puesto que ellos muestran una marcada tendencia a orientar sus moléculas de la manera en que se llena el molde, la contracción al enfriarse se da de igual manera lo que provoca serias deformaciones en superficies relativamente grandes y planas, (figura 137).



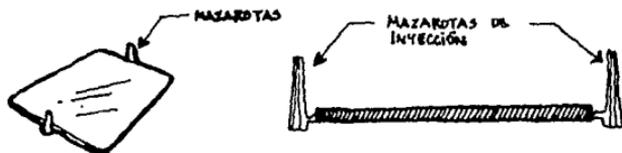
Figura 137. Otras formas de aumentar la rigidez de una pieza sin usar costillas, son: a). acanalar la pieza, b). dobleces y c). provocar curvaturas

Para evitar este defecto es usual lo siguiente:

-Si la forma del producto lo permite, una pequeña curvatura a similitud de un domo disminuirá las deformaciones y permitirá inyectar al centro de la pieza. Esta inclusive puede pasar por alto a la vista abajo.



- Usando varias entradas de material para llenar la cavidad se obtienen varios flujos del plástico lo que permite disminuir los efectos de contracción al enfriamiento abajo.



8.- Guías

De amplia aplicación en todo tipo de productos las guías funcionan haciendo la unión mecánica más fácil como elementos de soporte de otras piezas, y como espaciadores o registros entre dos partes que se unen o se emplean.

Las guías siguen en su diseño estrechamente a las normas para costilla y las recomendaciones para una propia configuración se expresan abajo.

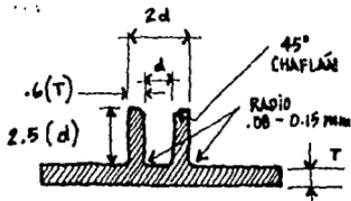


Figura 138. Recomendaciones sobre el diseño de una guía típica.

Deben evitarse en las guías seccionadas gruesas que pueden provocar hundimientos o burbujas en especial si están moldeadas con paredes de vista al exterior de la pieza, es preferible ubicar varias guías delgadas que una sola muy gruesa. Tres formas usuales de guía son.

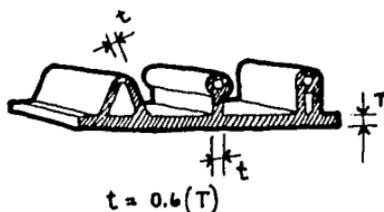


Figura 139. Diseños comunes de guías que también funcionan como costillas.

No es extraño el uso en que las guías deben entrar en contacto con otras guías u otras partes para favorecer una mayor resistencia del conjunto. En los diseños de "guías para atornillado", estas deben estar en completo contacto para evitar esfuerzos de tracción en la guía y las piezas a unir.

9.- Cuerdas

La aplicación de cuerdas incorporadas a las piezas moldeadas debe valorarse metódicamente durante el proceso de diseño de la pieza en cuestión y siempre será preferible la utilización de otros medios (para el caso de partes de Ingeniería) de sujeción como insertos metálicos o tornillos. Si la aplicación de cuerdas internas o externas es necesario el trabajo de diseño comenzará con la selección misma del material, puesto que los más indicados para estas aplicaciones son los plásticos de Ingeniería y con resultados más modestos los plásticos versátiles. Esto debido principalmente a las fuerzas de torsión presentes en el uso de la cuerda.

Las cuerdas externas pueden formarse por medio de corazones deslizantes los cuales giran en el sentido indicado por el tipo de moldeo y en forma simultánea al deslizamiento de los moldes, todo ello previo a la botadura de la pieza. Esta técnica es la de mayor aplicación en la Industria (figura 140).

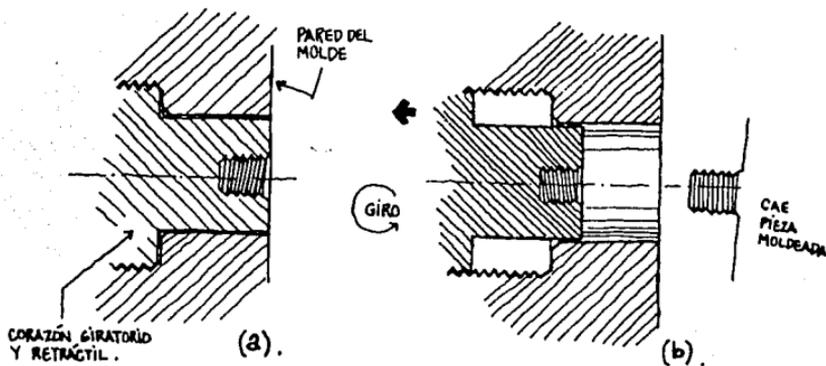


Figura 140. Moldeo de cuerdas externas por medio de "macho giratorio"
a).- Durante el flujo del material, b).- Botadura de la pieza

Para cuerdas internas, pueden moldearse también mediante un corazón giratorio para botadura automática, o bien en el caso de piezas pequeñas como tapas y tapones se puede emplear un corazón fijo y sacar la pieza forzándola o desenroscándola manualmente lo que hace muy lentos los ciclos de moldeo (figura 141).

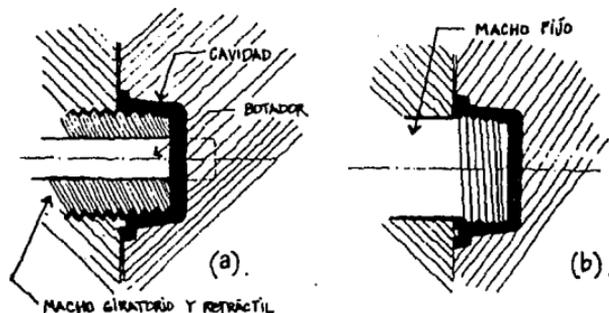


Figura 141. Moldeo de cuerdas exteriores a).- Con corazón giratorio b).- Desmoldeo manual.

El diseñador de la cuerda debe encaminarse a tipos como UNC y UNF procurando evitar filos en los filetes de la cuerda debido a la concentración de esfuerzos en esos lugares, por lo cual se sugieren diseños de formas suaves utilizando la mayor cantidad posible de radios (figura 142).



Figura 142. Diseño recomendable de cuerda para un plástico

10.- Entradas

La localización de entradas del material a la cavidad deberá plantearse seriamente durante la etapa de diseño, ya que habrá de evitar situarse en áreas sujetas a altos niveles de esfuerzo, fatiga o impacto.

Para obtener los mejores resultados conviene ubicarlas en las secciones más gruesas de la pieza y así mejorar el flujo de material durante el llenado.

Las entradas pertenecen al sistema de llenado o de alimentación, de gran importancia para el éxito de una pieza; recibir el plástico fundido, dirigirlo y distribuirlo en la cavidad o cavidades del molde.

Las partes típicas del sistema de llenado para un molde de varias cavidades son: (figura 143)

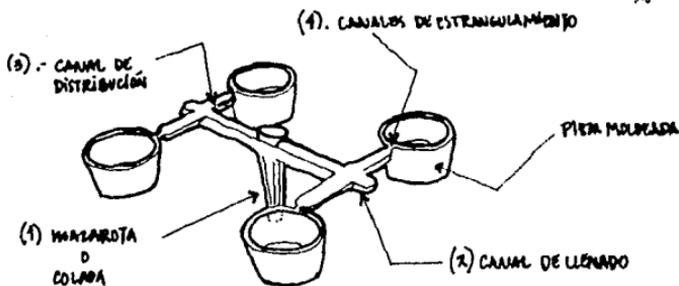


Figura 143. Partes principales del sistema de llenado ("araña")

Para un molde sencillo el sistema de llenado puede formarse simplemente por una colada o un canal de estrangulamiento (ver Capítulo XIII apartado 3.1 "Moldes por Inyección")

El diseño de disposición y tipo de sistema de llenado son de gran importancia en la obtención de una pieza de calidad por lo que conviene analizar las funciones de cada una de sus partes:

(1).- Mazarota o Colada
Recoge al plástico fundido directamente de la máquina y lo conduce al plano de partición. Su forma por lo general es cónica.

(2).- Canal de llenado
Une las cavidades con la colada por medio de los canales de distribución.

(3).- Canal de distribución
Une a las cavidades con los canales de llenado para alimentar a las primeras en forma simultánea y uniforme. Durante el llenado numerosas fuerzas toman parte en el flujo de el material fundido por lo cual la geometría y dimensiones del canal dependen de la pieza, del tipo de molde y cantidad de materia a usar.

Abajo se ilustran algunas secciones de canales usualmente usados en la Industria.

Dada la importancia de un molde múltiple de llenar todas las cavidades simultáneamente el diseño del molde apunta a realizar la totalidad de los canales de distribución de igual longitud, así varios diseños comunes para ubicar las cavidades son los que se muestran:

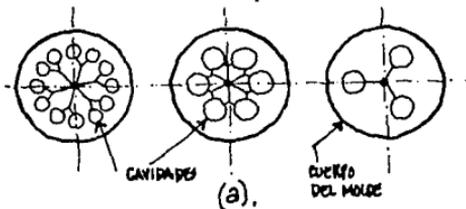


Figura 144. Distribuciones en estrella

De no ser posible el uso de distribuciones radiales (estrella y anular) se emplea la distribución en hileras, donde lógicamente algunas cavidades se llenan primero que otras con la consiguiente pérdida

de presión. Para compensar este hecho es común modificar los canales de estrangulamiento y de llenado hasta que a base de pruebas en el molde se logra un llenado simultáneo.

(4).- Entrada o canal de estrangulamiento

Este se constituye como el elemento de transición entre toda la maquinaria y la pieza a formar. El elemento normalmente se diseña en la industria con base en la experiencia del diseñador y se ajusta en base a producciones de prueba. Debe ser delicado para una fácil remoción de la pieza y de ubicación discreta a manera de efectuar al mínimo la apariencia del mismo. No obstante un canal de estrangulamiento muy pequeño como lo desearíamos, puede representar un obstáculo para el llenado de la cavidad de la misma manera que uno muy amplio tal vez nos haría perder presión en el sistema con los consiguientes problemas de enfriamiento del material en el canal.

Abajo (figura 145) se muestran diversos diseños de canales o entradas de estrangulamiento el primer grupo lo forman aquellos de forma deseable pero de realización muy cara, en el segundo (de "media caña") se ilustran las formas más usadas en la práctica industrial.

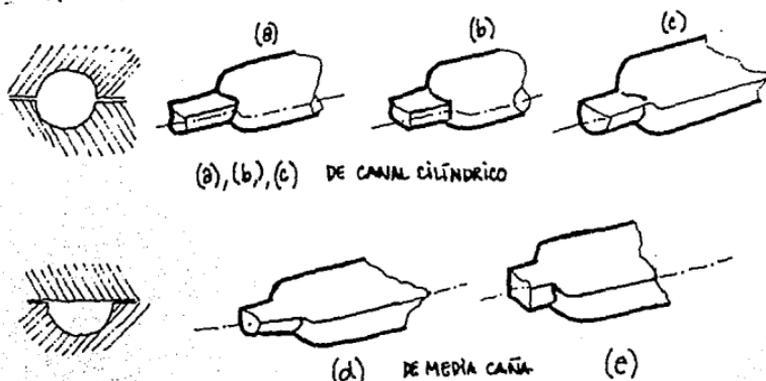


Figura 145. Diversos diseños de entradas de estrangulamiento

11.- Tolerancias

La especificación de tolerancias como los otros temas de este capítulo debe ser resultado de la comunicación entre el diseñador entre el diseñador del producto y el diseñador del molde todo apuntado a la fabricación de piezas de calidad y costo aceptable.

Se reconoce que la precisión extrema en producción tiene un costo muy alto, ya que con tolerancias muy cerradas al costo de la pieza también será elevado debido, por un lado, a que la fabricación del molde tardará más y su costo mayor de igual manera que el moldeado puesto que su proceso requerirá de más y mejor equipo de control.

Existen tres tipos de tolerancia para artículos moldeados que son:

a).- *Tolerancias finas*

Representa las limitaciones de las tolerancias más estrechas que se pueden obtener y tolerar en una pieza no sólo en la parte de las dimensiones de la pieza sino también en cuanto a las condiciones del proceso.

b).- *Tolerancias Estándar*

Son las que se pueden manejar bajo condiciones regulares de producción.

c).- *Tolerancias amplias*

Se manejan cuando no hay dimensiones críticas a respetar

Como hemos dicho antes en ocasiones se aumentan innecesariamente los costos de producción de una pieza debido al uso de tolerancias estrechas, así el diseñador Industrial debe considerar la implicación de una tolerancia crítica cuando realmente no sea necesaria para el correcto funcionamiento del producto.

12.- *Diseño para técnicas de ensamble*

Las técnicas de ensamble de plástico con plástico o plástico con otro material, es una herramienta que frecuentemente el diseñador de producto subestima. Así se pierde una valiosa oportunidad de abaratar costos de moldeo y acelerar los procesos de producción.

Aquí describiremos las técnicas usuales para ensamble y sus principales consideraciones de diseño, a manera que el diseñador industrial sopesa sus posibilidades de uso en una aplicación determinada.

12.1.- *Pegamentos*

La variedad de pegamentos en el mercado es muy grande por lo cual el proveedor de la resina a transformar puede ser de gran importancia para un buen resultado de la operación. La decisión sobre el adhesivo a usar depende, ya en la pieza; del área que vaya a unirse, la velocidad del proceso y de las limitaciones en cuanto a las condiciones del secado.

Para la unión de plástico con plástico el adhesivo adecuado son los denominados "cementos", formados principalmente por una combinación de resinas plásticas, solventes y catalizadores. Las recomendaciones principales para su uso son:

- Utilizar la misma cantidad necesaria de "cemento" (resina y solvente)
- Atender siempre las indicaciones del proveedor del químico
- Las piezas a unir deben adaptarse una a otras con precisión por lo que el uso de registros como lengüetas, muescas o pestañas son aconsejables.



Figura 146. Algunos ejemplos de "registros" para unión por adhesivos.

- Inmediatamente después de que las piezas han sido unidas debe aplicarseles presión moderada y

mantenerse así hasta un aceptable secado de la unión.

Los plásticos no sólo son unidos con plásticos sino que se practican con materiales como vidrio, aluminio, latón, acero, maderas y otros por medio de adhesivos cuya gama en el mercado también es muy amplia lo que implica nuevamente la necesidad de asesoría especializada para una correcta selección del adhesivo a emplear. Los más comunes implicados en los plásticos son:

a).- *Epóxicos*

Generalmente son sistemas de dos partes (resina y catalizador) y, además de buena adherencia ofrecen resistencia a altas y bajas temperaturas.

b).- *Adhesivos de silicón*

Son excelentes adhesivos por su gran resistencia mecánica y conducta sobresalientes a temperaturas elevadas. Su principal desventaja se muestra como su elevado costo.

c).- *Adhesivos de poliuretano*

Usualmente se presentan en sistemas de reacción en dos partes y sus principales ventajas son una gran resistencia al impacto y buenas propiedades a bajas temperaturas.

12.2.- Soldadura por ultrasonido

Esta técnica se basa en la conversión de la energía eléctrica en energía de alta frecuencia mecánica que ha aplicado a materiales termoplásticos rígidos genera una fricción la cual funde la unión plástico con plástico o plástico con metales. *La soldadura por ultrasonido es recomendable sobre todo ahí donde la estética juega un papel sobresaliente en el producto.*

Los principales componentes de un equipo de soldadura por ultrasonido son:

- Fuente de poder

- Convertidor

Realiza la conversión de energía eléctrica en energía mecánica

- Cuerno

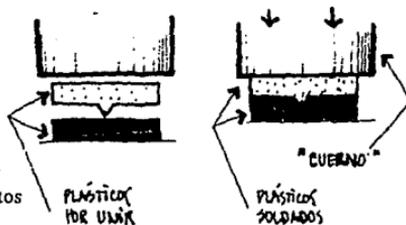
Es el encargado de transmitir la energía mecánica a las piezas por unir y puede adaptarse a diversas formas en su punta, a manera de favorecer varios tipos de unión.

- Sujetadores

Mantienen a las piezas unidas mientras se aplica la soldadura

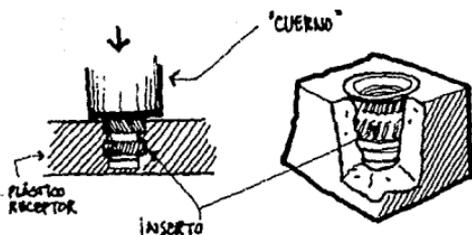
El ultrasonido se usa frecuentemente para sustituir adhesivos y cementados ya que esta técnica se adapta perfectamente a cintas de producción automatizadas por su rapidez en la operación (de 2 a 3 segundos) y eficiencia en la unión. En nuestro país es una técnica de uso común en:

a) Soldadura de plástico-plástico

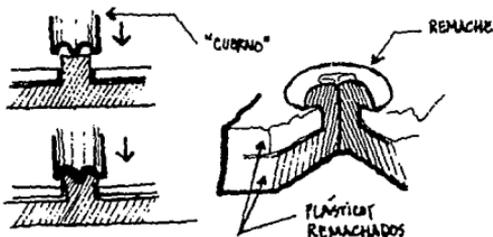


b).- Fijación de insertos

En herramientas y electrodomésticos



c).- Remachado
En juguetes principalmente



Las condiciones principales de diseño para esta técnica son las siguientes:

- Hay que propiciar una área inicial de registro y contacto, como una lengüeta o con una "V" con muesca.
- La parte "hembra" de la pieza debe ser un poco más grande que el "macho" para permitir un libre flujo del material fundido.
- Tener siempre presente las contracciones y dilataciones del material
- El diseño debe ser adecuado para una buena posición del cuerno de soldado y debe favorecer los movimientos necesarios de la máquina.

12.3 Uniones mecánicas

12.3.1.- Tornillos mecánicos

Se usan para unir plástico con plástico y plástico con otros materiales como metal, madera y vidrio. Los tornillos mecánicos usualmente son metálicos aunque han tomado cierta popularidad los fabricados con plástico y metal aprovecha las cualidades de ambos. Mucho menos frecuente es el uso de tornillos de plástico debido a sus costos.

Las ventajas que ofrecen los sujetadores mecánicos son:

- Disponibles en gran variedad para un sinúmero de usos
- La mayoría de ellos están siempre disponibles en el mercado
- Minimizan las labores de ensamblaje
- Permiten armar y desarmar sin dañar el producto

La utilización de los tornillos es un diseño específico requiere de un análisis previo donde los

puntos a considerar son:

- a).- Fuerza de torque necesaria para la sujeción
- b).- Fuerza para su extracción
- c).- Facilidades para reubicación

12.3.2.- Tornillos autoroscantes

Estos sujetadores también llamados "auto-cortantes" son de gran aplicación en la Industria y tiene la característica que ellos mismos forman en el material receptor su plano inclinado de sujeción.

Los criterios a vigilar para su aplicación en una pieza son:

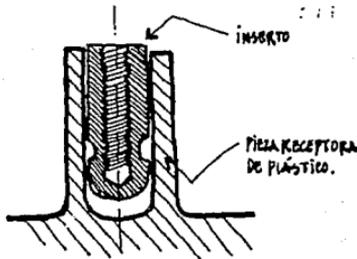
- a).- El diámetro del orificio de recepción debe ser igual al diámetro de paso del tornillo
- b).- Hay que diseñar ofreciendo al menos el doble del diámetro del tornillo para la formación de la cuerda.
- c).- No se utilice esta técnica cuando se requieren frecuentes operaciones de desarmado ya que una o dos más aplicaciones del tornillo (aunque se haga cuidadosamente), cortarán en alguna parte la cuerda ya deformada deteriorando su resistencia.
- d).- Considerar para su aplicación las condiciones de operación reales de la pieza y no las de ensamble en planta, para prevenir desagradables sorpresas por dilatación o contracción

12.3.3 Insertos metálicos

La utilización de insertos metálicos (los hay también de plástico de uso aún muy limitado) es una práctica confiable para ensamblar plásticos con plásticos o plásticos con otros materiales y comprende la utilización de una gran variedad de elementos diseñados para aplicaciones específicas, que se agrupan así:

- Insertos a presión

Se fijan con el material receptor forzando razonablemente las medidas del inserto en las de la cavidad de la pieza. abajo.



- Insertos para ultrasonido

La inserción ultrasónica es un método rápido y económico de instalación de insertos en materiales plásticos. Ofrece además gran confiabilidad y eficiencia con una excelente retención del inserto de esfuerzos a torsión.

La técnica consiste en transmitir vibraciones ultrasónicas a través de una máquina de soldadura por ultrasonido (ya descrita) provocando una fricción que funde una delgada película de plástico alrededor del inserto la cual al enfriarse se solidifica sujetándolo firmemente.

- Insertos autoroscantes

Son sólo recomendables para resinas de Ingeniería con excelentes propiedades mecánicas. Estos insertos son capaces de formar por si mismos su cuerda de sujeción y ofrecer firmeza suficiente para

recibir a otros sujetadores.

- Insertos de expansión

Se usan en cavidades moldeadas donde se expanden y dilatan contra las paredes de la cavidad al atornillar en ellos. El inconveniente de ellos es que la pieza receptora tiene que ofrecer paredes alrededor de la cavidad sumamente anchas



Figura 147. Diversos modelos de insertos para plásticos

Las consideraciones generales de diseño acerca de los insertos en materiales plásticos son:

- 1.- No usarlos en la medida que sea posible evitarlos
- 2.- El diseño debe corresponder a una cuidadosa selección del inserto y de la resina.
- 3.- Respetar siempre el espesor de pared recomendado por el proveedor del inserto.
- 4.- La parte de la pieza que recibirá a los insertos no deberá presentar esquinas afiladas para evitar la concentración de esfuerzos.
- 5.- Buscar siempre el uso de insertos sencillos y de fabricación nacional.

12.4.- Termosellado y soldadura por calor

Las técnicas para unir dos plásticos y en las cuales se involucra directamente la aplicación de calor para lograr el ensamble se denominan: Termosellado, usado comúnmente para armar productos fabricados con película y, soldadura por calor para operaciones que involucren piezas de mayor grosor.

12.4.1.- Termosellado

Es un proceso de gran velocidad, debido a que implica la unión de piezas de grosor muy bajo, un buen ejemplo de productos así fabricados son las bolsas de polietileno donde la bolsa tubular es alimentada directamente de la máquina de extrusión-soplo hacia la de sellado la que genera altos volúmenes de producción.

Son varias las formas de termosellado usuales, todas derivadas de las siguientes y con facilidad en nuestra industria del plástico:

12.4.2.- Barra caliente

Una barra metálica recubierta con una capa de teflón y calentada eléctricamente a manera de resistencia, prensa contra una barra generalmente fría, a las dos películas de plástico por unir. Es muy común en pequeñas producciones como forros para libros, aunque también está disponibles máquinas de alto rendimiento.

12.4.3.- Selladores rotatorios

Es una modificación a la selladora de barra. Aquí esta última tiene forma circular a manera de producir sellos continuos y normalmente se ubican sincronizando al ritmo de producción de extrusoras.

Aunque su productividad es muy alta los sellos así realizado no son muy resistentes debido a que por motivos de producción el tiempo de exposición del material a la rueda caliente es corto el cual muchas veces es insuficiente para lograr una buena unión entre los materiales.

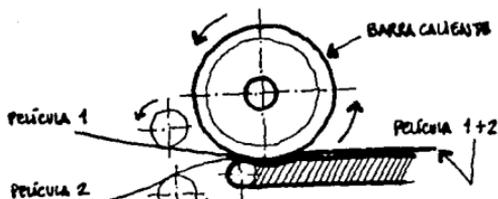


Figura 148. Selladora rotatoria de dos películas

Soldadura por calor

Esta técnica es la indicada cuando los espesores de las piezas a unir impiden la transmisión de calor y cuando las uniones mecánicas resultan costosas, innecesarias o bien dañan seriamente la estética del producto.

Las técnicas convencionales de soldadura por calor son:

12.4.4.- Soldadura por placa caliente

Las zonas que van a ser soldadas se presionan a placas calientes que conservan constante una temperatura predeterminada. Al formarse en cada parte por unir zonas plastificadas o derretidas se retira la placa caliente y se presionan las piezas hasta que sueldan (figura 149)

La operación de esta técnica puede ser manual en el caso de pequeñas producciones o en la fabricación de prototipos por lo cual se usan prensas de tornillo o tornillos de banco. También existen una gran variedad de maquinaria semiautomática o completamente automatizada para grandes volúmenes.

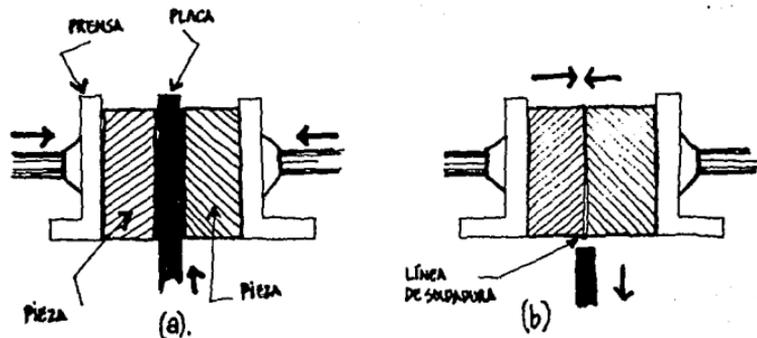


Figura 149. Las dos estaciones de soldadura por placa caliente a).- Aplicaciones de la placa b).- Presión y enfriamiento

Cuando las piezas a unir no se ajustan perfectamente unas contra otras (caso muy común) por diseño o por fallas de producción se requiere el uso de placas calientes de diseño especial que permiten generar uniones confiables.

12.4.5.- Soldadura por gas caliente

Se procede aquí en forma similar a las técnicas de soldadura por gases (como acetileno) para metales. La diferencia estriba en que aquí se utiliza a cambio de un soplete, una pistola que lanza aire caliente a presión que proviene de una fuente de energía calorífica y de un sistema de gas que la mayoría de las veces es aire comprimido o un gas inerte.

Aprovechando el calor producido por la pistola de soldadura se procede a depositar sobre la zona de unión de las piezas, un material de similares características y que usualmente se presenta en barras para funcionar como material de aporte. (figura 150)

Si el diseño de la pieza requiere de esta técnica de soldadura es conveniente proveer en la misma de un filete que permita la deposición del material de soldadura.

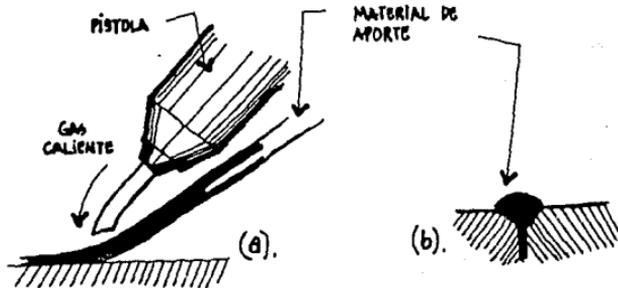


Figura 155. Técnicas de soldadura por gas caliente

12.4.6.- Soldadura rotacional por fricción

Esta técnica es especialmente útil para piezas grandes de uniones circulares donde otras son poco prácticas. Consiste en enfrenar a las dos piezas a soldar mediante presión a la vez que se gira una de ellas y la otra permanece fija. El calor producto de la fricción genera una zona derretida o fundida que se suelda, al detener la rotación y enfriarse (figura 151).

Las piezas a soldar con esta técnica presentarán cierta preparación en su diseño para promover la operación. Principalmente por medio de bordes o canales que facilitan la alineación de las piezas a la vez que propicien un contacto más estudiado para optimizar el ensamble como se muestra (figura 151).

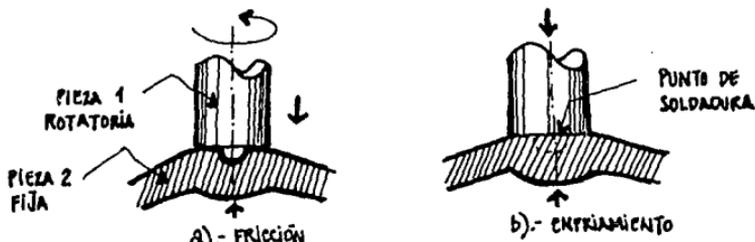


Figura 151. Soldadura por fricción o rotación aplicada como ejemplo a la base de una copa.

CAPÍTULO XIII

HERRAMIENTAS PARA MOLDEAR MATERIALES PLÁSTICOS

Introducción.

Si bien la responsabilidad del diseño y realización del herramental (y que aquí consideremos dados y moldes) para dar forma a los materiales plásticos no recae directamente en el diseñador industrial, la importancia que tiene para la obtención de un producto exitoso es tal que sin una buena comunicación diseñador del producto—diseñador del molde el resultado puede ser un desastre en todos los sentidos.

Para facilitar el intercambio de ideas entre ambas áreas el diseñador industrial encargado del producto ha de contar con los conocimientos elementales acerca del herramental más común o bien del disponible para la fabricación del producto que propondrá, ya que, las limitaciones de estos deberán considerarse seriamente durante el proceso de diseño.

El diseño y la fabricación de herramental para formar plásticos es un tema de enormes proporciones que no analizaremos exhaustivamente aquí, ya que solo se pretende formar en el lector una imagen que lo invite a profundizar en el mismo a través de la vasta bibliografía especializada existente hoy día.

1.- Conceptos Fundamentales

La mayoría del herramental para plásticos se utiliza en dar forma al material caliente y en mantenerlo ahí hasta que se posibilite su remoción.

Este lapso puede ser extremadamente corto, como el necesario para hacer pasar el material plastificado a través de un dado, o bien puede ser relativamente largo como en los procesos de compresión o más en rotomoldeo.

Muchas de estas herramientas se colocan en algún tipo de prensas que los abren y cierran a cierta presión determinada para ser llenada por medio externos al molde como es el caso de la inyección donde estas prensas toman forma de máquinas automatizadas que controlan todo el proceso.

Otras herramientas como los dados de extrusión o los moldes para fibra de vidrio generalmente no tiene movimiento alguno.

Las herramientas además deben de proveer de ciertas condiciones necesarias para el formado de los plásticos, esto es que pueden estar calentados o refrigerados para lo cual es normal que estén fabricados con sistemas para la conducción de vapor, agua fría o caliente, aceite y también resistencias eléctricas. El tipo de calentamiento o refrigeración y la ubicación de ellos en la herramienta es de gran importancia así como de igual manera lo es un adecuado control del sistema.

Los materiales para la fabricación de herramientas son varios, los más comunes son:

- Metales
- Resinas reforzadas y flexibles
- Maderas

De ellos sin lugar a dudas, los primeros son por la cantidad en la que están presentes en la industria los más importantes.

2.- Clasificación de la herramienta

La variedad en técnicas de formado y de maquinaria ha traído también un gran desarrollo de herramientas para su aplicación en innumerables productos que son el resultado de la optimización de ambos. Aunque no hay límites claramente definidos y con el único propósito de ordenar nuestra exposición, hemos clasificado las herramientas usuales en la Industria de la siguiente manera:

- a).- *Moldes para trabajo en caliente*
- b).- *Moldes para trabajo en frío*
- c).- *Dados para extrusión*

Seguramente a lo largo de la exposición o en su práctica al lector encontrará interesantes ejemplos que bien pueden caer en más de uno de los apartados de esta clasificación, presentándose este caso apelaremos a su buen juicio y comprensión dado lo extenso y lo complejo del tema.

a).- Moldes para trabajo en caliente

Son herramientas fabricadas casi siempre con metales de alta calidad, cuidadosamente diseñadas y maquinadas con alta precisión. También cuentan con sistemas de calefacción o refrigeración o ambos y de los cuales depende en buena medida la correcta operación de la herramienta. Su costo esta en relación directa con la complejidad de la pieza, número de productos que genera por ciclo de trabajo, vida útil esperada y acabados; por lo cual puede ir desde una pequeña inversión como sería un molde para tapón de frasco medicinal (\$ 250.- U.S.D) hasta una verdadera fortuna como la herramienta para la fabricación de un frente de computador (\$ 60 000.- U.S.D).

Los moldes o herramientas para trabajo en caliente usuales y que por su importancia en la Industria trataremos aquí son:

- Moldes para Inyección
- Moldes para Extrusión-soplo e Inyección-soplo
- Moldes para Compresión
- Moldes para Transferencia
- Moldes para Poliestireno Expandido

b).- Moldes para trabajo en frío

Las herramientas para trabajo en frío son aquellos que no cuentan con un sistema de calentamiento para elevar la temperatura de la cavidad, aunque si pueden presentar uno para su refrigeración.

Debido a las presiones que usualmente se manejan aquí, son herramientas menos robustas que aquellas para el trabajo en caliente lo que también permite el uso de otros materiales de fabricación diferentes a los metales, que pueden ser resinas, maderas, minerales, cerámicas, o bien metales suaves.

Los productos generados por medio de herramientas para trabajo en frío pueden seguir dos cauces. Uno, donde son formados en la cavidad de la herramienta para en procesos posteriores ser endurecidos. El hecho de que al retirarse las piezas sean aún suaves obliga a consideraciones especiales durante el diseño de la pieza y la herramienta para su formado, y.s. la obtención de productos

totalmente endurecidos. Ejemplos de ambas situaciones los encontramos para el primer caso en el moldeo de "preformas" de resinas fenólicas o de fibra de vidrio. Para la generación de productos totalmente terminados caben las técnicas de "aspersión" y "picado a mano" en el campo de las resinas poliéster reforzadas.

Las herramientas que con mayor detalle veremos aquí son:

- De moldeo sin endurecimiento
- De moldeo con resina poliéster reforzada
- De moldeo por vaciado

c).- Datos para extrusión

De aparente sencillez en su diseño los dados por extrusión presentan miles (literalmente) de variaciones que van desde el uso de metales y aleaciones, sistemas de calentamiento y refrigeración, hasta amplias o rigurosas tolerancias en su maquinado.

Descripción por tipo de herramienta

3.- Herramientas para trabajo en caliente

3.1.- Moldes para inyección

3.1.1.- Materiales para la construcción de moldes

Los procesos de trabajo en caliente requiere de moldes de gran calidad, usualmente de alta precisión en su manufactura y a tener un costo de vida útil aceptable. Todo esto lleva a la reflexión que seleccionar los materiales para un molde no es labor para tomarse a la ligera.

Los fabricantes de moldes exigen de los materiales para herramientas:

- Que tengan disposición para ser trabajados y acabados con razonable facilidad.
- Que ofrecen buenos comportamientos al templado, puesto que una pieza que falla en ésta parte de la elaboración resulta sumamente cara ya que de hecho el costoso trabajo de maquinado se encuentra terminado.
- Que se de un abasto regular del material en el mercado

Por su parte el Industrial del Plástico requiere de los materiales lo siguiente:

- Razonable duración considerando la cantidad de productos que de él se esperan.
- Que garanticen la producción de formas dentro de las tolerancias del diseño original, no obstante amplias variaciones en las temperaturas del proceso.
- Buena respuesta a la oxidación ya sea por ataques del ambiente o de materiales plásticos agresivos (como el PVC)

Los materiales que en mayor o menor medida cumplen con las exigencias que arriba hemos mencionado y que son usuales en la industria se agrupan así; Aceros, Materiales para el colado y Materiales Galvánicos

3.1.1.1.- Aceros

Son variados los tipo de acero empleados en la fabricación de moldes para trabajo en caliente.

Aceros de cementación

Son aceros que mediante un tratamiento térmico originan una superficie muy dura al mismo tiempo

que una pieza resistente y tenaz. Así los moldes fabricados con aceros de cementación son muy resistentes a la abrasión a la vez que esfuerzos mecánicos considerables.

Debido a que favorecen el maquinado especial por arranque de viruta y por su costo accesible son los de mayor aplicación en la Industria.

Aceros de Templado

En ellos se genera un aumento de dureza por un rápido enfriamiento que sigue a una elevación de la temperatura de la pieza. Este enfriamiento se puede lograr por agua, aceite o aire y la velocidad con que estos se aplican generan características en el material de especial importancia.

Los moldes manufacturados con acero para el templado presentan buena respuesta a la abrasión y alta dureza superficial, lo que en ocasiones se refleja en una baja tenacidad de la pieza, grietas o estrellamientos.

Su uso se da en moldes sencillos o en partes de otros más complicados.

Aceros Bonificados en Planta

Estos aceros evitan los problemas propios de las contracciones que sufren los materiales utilizados para la fabricación de moldes, puesto que el tratamiento térmico necesario se realiza casi totalmente en las acerías que los suministran. Esto permite al fabricante de moldes ocuparse sólo de su maquinado y de ser necesario, de tratar térmicamente algunas partes de la herramienta.

Debido a que el problema de la contracción es mayor en moldes grandes, es ahí donde los aceros bonificados tienen su mayor aplicación. Las desventajas de estos materiales son una baja calidad en la superficie de las cavidades lo que obliga muchas veces a un trabajo acabado posterior y, una pobre resistencia a la abrasión.

Aceros resistentes a la corrosión

Algunos plásticos en su transformación, desprenden sustancias que por agresividad química provocan daños a la herramienta. Es práctica común en la industria para protegerles el darles un acabado especial como el cromado brillante y que en ocasiones resulta insuficiente debido a que no siempre es posible garantizar una capa protectora homogénea sin grieta alguna especialmente si el molde es sometido a esfuerzos de torsión. Ante estas características se recomienda el uso de aceros resistentes a la corrosión que se preparan con bajos contenidos de carbón y combinados con bajos porcentajes de cromo (12 - 17 %).

Su resistencia a la corrosión trae consigo efectos no deseados como son una pobre respuesta a temperaturas mayores de 400° C, pérdida de dureza y resistencia a la abrasión.

Aceros Nitrurados o de Nitruración

Son aceros adicionados con aditivos que tienden a formar nitruros, estos aditivos son por ejemplo cromo, aluminio, vanadio y molibdeno.

La aleación se somete a baños salinos y de amoníaco, todo a altas temperaturas. Resultado de este proceso son aceros de gran dureza la que puede aumentarse por medio térmicos o trabajarse con gran precisión, sin contracciones tal cual se suministra de la acería.

Además de una relativamente fácil mecanización los aceros nitrurados presentan otras ventajas como son tenacidad, dureza superficial, y buena resistencia a la corrosión.

Se emplean estos aceros donde se exige una gran exactitud.

3.1.1.2.- Materiales para moldes colados

Varias son las causas para una floreciente Industria fabricante de moldes colados, no obstante su menor duración y calidad comparada con las herramientas obtenidas por maquinado. Entre estas causas están los grandes períodos que requiere su elaboración, el alto costo de mano de obra necesaria así como de la maquinaria adecuada para esta labor.

Aún considerando un tiempo para la elaboración de modelos para el colado (que pueden ser muy largos), los moldes de esta manera fabricados resultan muy atractivos principalmente por su menor costo.

Los materiales para la elaboración de moldes colados son:

Acero fundido

Usual en la fabricación de moldes de grandes dimensiones.

En términos generales la calidad de las superficies de moldeo colados con acero es menor que la de los maquinados y de gran opacidad, que se puede reducir tapando el poro con soldadura además de una intensa labor de pulido y acabado cromo.

Metales no ferrosos

Aleaciones de cobre

Su importancia se basa en su flexibilidad y gran conductividad térmica

El cobre se emplea principalmente en aleaciones como estaño, zinc, berilio, y cobalto para el maquinado de partes para moldes

Aleaciones de Zinc

La utilización de las aleaciones de zinc para fabricar moldes presenta ventajas como una baja temperatura para su colado que permite la aplicación de modelos de madera y yeso lo que mejora la exactitud de copia con respecto al diseño original.

No obstante las limitadas propiedades mecánicas del zinc y sus aleaciones, estos se prefieren para aplicaciones en moldes de prueba o bien para corridas de producción muy pequeñas, donde las condiciones del proceso no requieren altas presiones ni temperaturas muy elevadas.

El más popular de estos materiales es la aleación "zamak".

Aleaciones de Aluminio

Estas aleaciones son poco utilizadas en moldes de inyección debido a sus pobres propiedades mecánicas y como en el caso de las aleaciones de zinc se destinan a herramientas de prueba y de producciones muy cortas, en donde se toma ventaja de su bajo peso, buenas propiedades químicas y térmicas además de un bajo costo y fácil mecanizado.

Aleaciones de Estaño

Las aleaciones de estaño son colocadas a bajas temperaturas y muestran pequeños porcentajes de contracción en su enfriamiento lo que se aprovecha para la obtención de producciones de gran exactitud con respecto a los modelos. Su uso en moldes de inyección es ocasional debido a sus limitadas propiedades mecánicas.

3.1.1.3.- Resinas

Es común que piezas que serán fabricadas por inyección requieren de producciones de ensayo o de estudio para evitar errores costosos en la elaboración del molde o del diseño mismo del producto, y para satisfacer en forma económica esta necesidad se ofrece en el mercado materiales basados principalmente en resinas epoxídicas puras o con aditivos y que endurecen por medio de un catalizador, también se emplean resinas poliéster y de metacrilato.

Para evitar fracturas durante la inyección las partes de resinas se colocan en un portamolde metálico que proporciona soporte al molde absorbiendo la mayor parte de los esfuerzos mecánicos durante el proceso

3.1.2.- Técnicas para la fabricación de moldes

La fabricación de moldes para transformar plásticos requiere de pericia y técnica y una gran experiencia, y por otro lado la participación de máquinas herramienta, instrumentos de precisión y hornos que hacen de los productores de moldes empresas muy especializadas y por tanto bien cotizadas.

Estos talleres usualmente en su labor usan las siguientes técnicas:

3.1.2.1.- Maquinado con arranque de viruta

Aquí participan la mayoría de las máquinas con herramientas comunes en un taller de ajuste como tornos, fresadoras y cepillos entre otras muchas aunque cada vez más la fabricación de moldes obliga al desarrollo y uso de maquinaria especializada para estas labores.

La intención en el maquinado de moldes es la obtención de un producto prácticamente terminado que minimice los trabajos de pulido y acabado manual (que bien pueden ser más tardados que el maquinado mismo), aunque parece ser que no hay manera de evitar esta última etapa ya que la calidad superficial que se obtiene de mano del operario no tiene sustituto de ahí que comunidades y países, sean famosos por sus trabajos en el área como es el caso de la Ciudad de Oporto en Portugal y Rio de Janeiro en Brasil.

3.1.2.2.- Estampado

El proceso usualmente usado para fabricar moldes sin arranque de viruta es el "estampado o acuñado" que se aplica cuando el mecanizado es poco práctico o de difícil realización y consiste en la elaboración de un "Punzón" de la forma deseada que después de un tratamiento de templado se incrusta lentamente por medio de una prensa hidráulica en una matriz de acero suave hasta alcanzar la profundidad necesaria, que si es mucha obligará al uso de varios punzones de longitud progresiva (figura 152).

Posteriormente las partes obtenidas se someten a procesos de máquinas de herramienta templado y acabado.

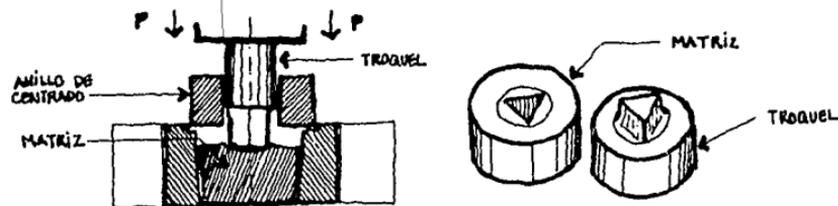


Figura 152. Esquema del proceso de "estampado o acuñación"

3.1.2.3.- Electroerosión

La electroerosión es un proceso común en los talleres de fabricación de moldes no sólo para moldes de inyección sino para otras técnicas. Consiste en la elaboración de cavidades que se obtienen por el desgaste producido por descargas eléctricas suaves y continuas entre otros.

El electrodó fabricado de acuerdo a la cavidad para formar y hecho de un metal conductor usualmente aleaciones de cobre, baja acercándose al molde lo que provoca intensas chispas que dejan pequeños cráteres o erosiones.

El desgaste se da en el material a trabajar y en mucho menor medida en el electrodó. (figura 153).

Se puede comparar la electroerosión con procedimientos de arranque de viruta aunque por la precisión, uniformidad, cavidades profundas y angostas de gran calidad supera en muchas ocasiones a los procesos más conocidos.

3.1.2.4.- Erosión Química

De gran utilidad para lograr texturas, marcas y todo tipo de realzados en las cavidades de los moldes la erosión química aprovecha la posibilidad que presentan los materiales (especialmente aceros y aleaciones) de ser atacadas por ácidos o soluciones alcalinas.

El proceso comienza con la aplicación de una capa protectora en toda la cavidad, ésta posteriormente, de acuerdo al diseño del producto es retirada mecánicamente o químicamente en ciertas partes lo que deja esas zonas listas para ser atacadas por sustancias químicas muy agresivas que provocan depresiones que el plástico copiará durante su estancia en la cavidad.

La gran habilidad alcanzada por los especialistas en esta técnica hace posible el grabado en moldes, de prácticamente todo tipo de imágenes que pueden ir desde una imitación de pieles y texturas minerales hasta reproducciones artísticas.

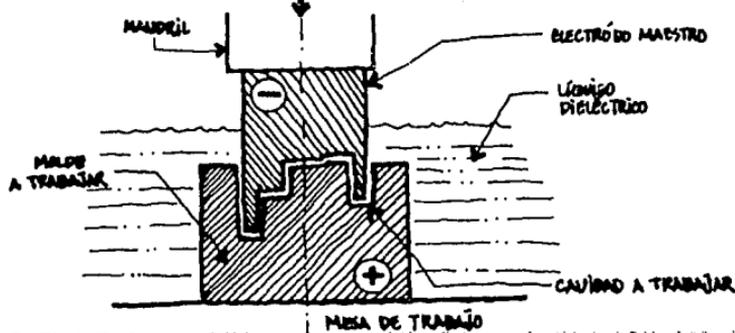


Figura 153. Esquema de una pieza trabajada por electroerosión

3.1.2.5.- Colado

La técnica de colado es la usual en la fabricación de gran cantidad de piezas para moldes o moldes completos. (En el punto 3.1.1.2 "Materiales para moldes colados" se dan explicaciones que satisfacen este punto).

3.1.1.- El Molde de Inyección

Las propiedades de un molde son definidas por las características de la pieza al inyectar, las cantidades a producir, el material a usar y las capacidades de la máquina a emplear. El molde usual de inyección consta de dos mitades; el "macho" o punzón y la "hembra" o cavidad, ambos se fijan en los platos portamolde de la máquina o bien pueden encontrarse libres y cerrarse manualmente atomillándolos o prensándolos, esto, en el caso de que estemos hablando de una máquina rudimentaria (muy populares en nuestra Industria Nacional).

- Las partes del molde

Dada la enorme variedad de moldes, las características de sus partes también resultan muy numerosas y cuya explicación particular rebasa a la intención de este texto. Sin embargo podemos atender a las partes comunes de la gran mayoría de los moldes que podemos encontrar en la Industria;

Las partes más importantes de un molde de inyección común y sus funciones primordiales son (figura 154):

(1).- Cavidad (es)

Reciben al material plastificado le dan forma y lo enfrían

(2).- Botadores

Expulsan a las piezas de la cavidad cuando han endurecido

(3).- Placa de botadores

Acciona simultáneamente los botadores de las cavidades y de la colada o mazorota.

(4).- Plato portamolde móvil

Desliza atornillando a la platina móvil de la máquina y abrir el molde para la extracción de la pieza.

(5).- Eyector

Es el encargado de accionar la palanca de botadores

(6).- Plato portamolde fijo

Sujeta a la parte fija del molde situándola en contacto con el manguito y atornilla a el conjunto con la parte fija de la máquina

(7).- Manguito de bebedero

En ésta pieza se apoya directamente la nariz de la inyectora y recibe a el material plastificado lo que significa que el manguito soporta altas presiones por lo cual su desgaste es mayor que el resto del molde lo que origina a hacer de él una pieza intercambiable.

(8).- Platos de moldeo

Contiene a las cavidades, sistema de llenado y ductos para el enfriamiento o calentamiento del molde.

(9).- Pernos de gufa

Asegura la justa presentación de la parte fija del molde contra la parte móvil y así evitar cualquier movimiento debido a las fuerzas de inyección.

(10).- Conductos

Permiten la circulación de líquidos de enfriamiento o calentamiento del molde o alojan dado el caso, resistencias eléctricas en cartuchos.

(11).- Placa Intermedia

Soporta las fuerzas de la inyección y guía el deslizamiento de los botadores

Los moldes para inyección (y en general así se clasifican para otros procesos) se dividen según la cantidad de cavidades que presentan, esto es moldes sencillos o de una cavidad y, moldes múltiples o de varias cavidades.

En ambos casos pueden ser moldes sencillos o en exceso complicados.

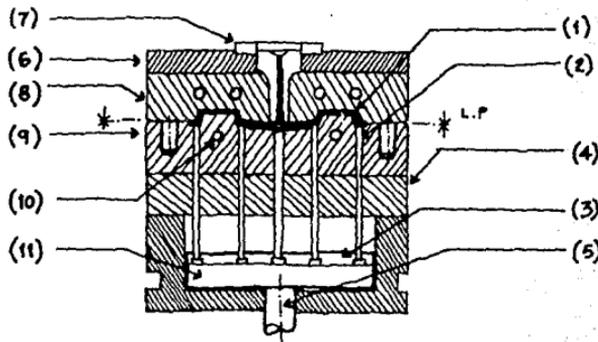


Figura 154. Constitución y partes típicas de un molde de Inyección

3.1.3.1.- Moldes sencillos

Como se menciona arriba los moldes sencillos cuentan con una sola cavidad, es decir obtendremos de ellos sólo una pieza por ciclo de moldeo. Por su bajo costo y sencillez de operación resultan comunes en pequeñas empresas las cuales regularmente no cuentan con máquinas inyectoras de gran potencia por lo cual estas herramientas son por ellos muy apreciadas, no obstante su menor rendimiento contra un molde más complejo.

Los moldes sencillos ofrecen las siguientes ventajas:

- Menor costo de fabricación, operación y mantenimiento del molde
- Soluciones del diseño del molde generalmente simples lo que muchas veces permite la utilización de piezas normalizadas o de segunda mano en su construcción.
- Las piezas producidas en moldes de una cavidad son siempre idénticas por lo que son comunes en la producción de objetos de gran valor o de rigurosos controles de calidad, como es el caso de partes para cirugía. Esto es sumamente difícil de conseguir en un molde de cavidades múltiples.
- Menor cantidad del material desperdiciado en la alimentación de la cavidad (canales, entradas, mazarota).

La principal desventaja de este molde resulta evidente, su menor cantidad de piezas producidas por ciclo de moldeo, comparado contra uno de múltiples cavidades.

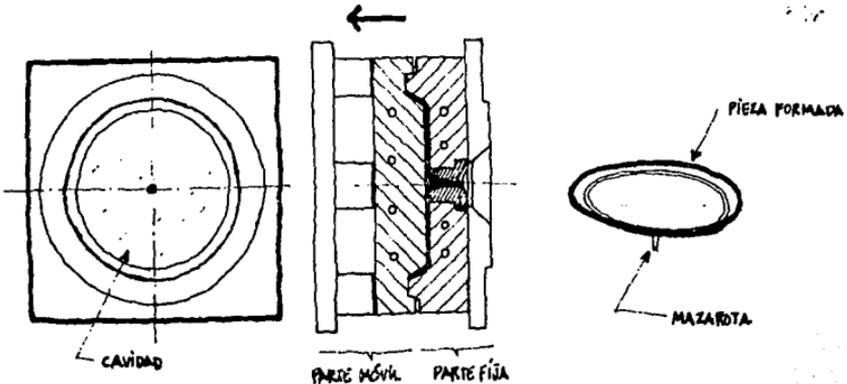


Figura 155. Esquema de un molde típico de una cavidad de inyección horizontal para la producción de platos

3.1.3.2 Moldes de inyección múltiples

La decisión acerca de la correcta cantidad de cavidades que debe ofrecer un molde de inyección múltiple obedece a varias circunstancias:

- La capacidad de la máquina inyectora
- La producción en cantidad y plazos de entrega a cumplir
- La forma de la pieza y calidad que se espera de ella, y
- Las propiedades del plástico a moldear en cuanto a su transformación

Todas estas variables obligarán a un diseño práctico, adecuado y que no caerá en el error típico de la industria; el uso de un molde excedido en su número de cavidades producto del deseo de utilizar toda la capacidad de una máquina que rebasa por mucho las necesidades de una pieza. Esto con todas las innecesarias complicaciones de diseño, fabricación, operación y costo.

Cuando ya se ha determinado el número de piezas por ciclo de moldeo, el diseño del molde se orienta a buscar la distribución adecuada de las cavidades en el mismo, donde la misión será conseguir llenarlas uniforme y simultáneamente hasta sus últimos rincones.

Son varias las distribuciones (figura 156) que se usan normalmente en la Industria, en todas ellas se busca una longitud igual para todas las cavidades en sus vías de alimentación.

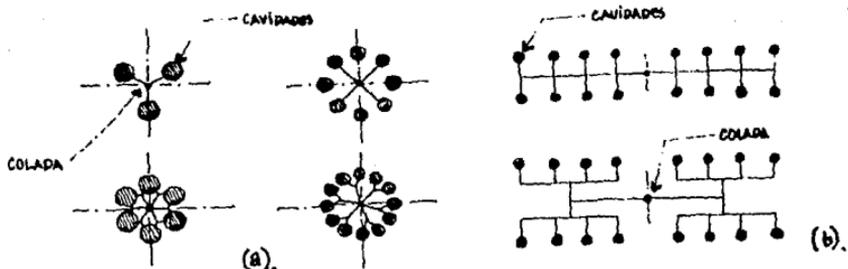


Figura 156. Distribuciones típicas de cavidades en un molde múltiple a).- Circulares y b).- En hilera

Como en los moldes de una cavidad, los moldes múltiples pueden ser muy sencillos o de gran complejidad como son aquellos que debido a las altas presiones que se dan en la inyección, precisan de sistemas de amarre para sujetar ambas partes del molde e impedir su apertura antes de tiempo con la consiguiente baja en la calidad del producto. También podemos mencionar a las herramientas por necesidades de la forma de la pieza (nervaduras, salientes, huecos, cuerdas, etcétera) se fabrican con partes móviles que se accionan en plano de partición o en el centro del molde y que se denominan como "corazones, correderas o núcleos móviles".

Su gran variedad de tipos y complejidades obligan a una explicación extensa y especializada, que se da a satisfacción en la bibliografía que se recomienda al final del texto. Aquí nos limitaremos a mostrar un esquema de un molde de múltiples cavidades típico y que ilustrará sobre su conformación usual (figura 157).

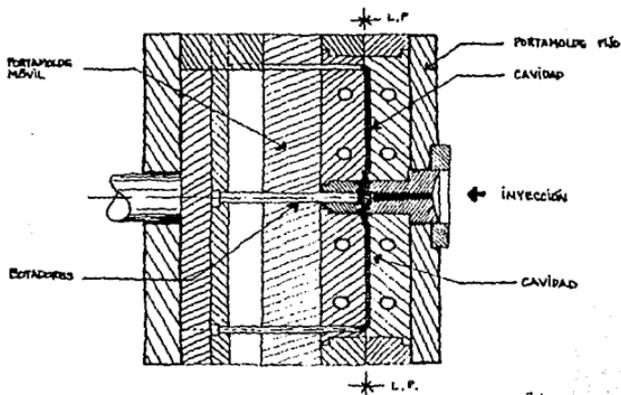


Figura 157. Un molde múltiple de hechura típica el cual sumamente simplificado se muestra en corte.

3.2.- Moldes para la Extrusión-Soplo

El proceso de extrusión-soplo es el más importante para la fabricación de cuerpos huecos, y dado el impresionante crecimiento de la industria del embalaje en el mundo cada día lo es más.

Como lo vimos (Capítulo XII, apartado 2) el moldeo por extrusión y soplado en términos muy generales consiste en la extrusión de una especie de manguera de plástico, que se coloca entre las mitades del molde que al cerrarse atrapa a la manguera. Después introduce aire a presión obligando al material a tomar el perfil de la herramienta. (figura 158)

El diseño y construcción de un molde de extrusión-soplo para un producto específico esta determinado por las características del objeto, la calidad de el esperada, los costos implicados y la máquina donde se instalará para la fabricación. Usualmente estos moldes estan fabricados con una sola cavidad ya que es preferible aumentar el número de moldes en servicio en vez de manejar moldes de cavidades múltiples con sus complicaciones habituales.

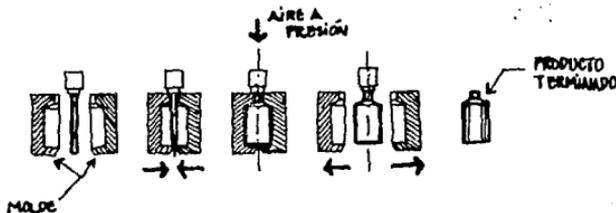


Figura 158. Esquema del funcionamiento del molde de extrusión-soplo

3.2.1.- Materiales para moldes de extrusión-soplo

Dos factores resultan de mucha importancia en la selección de materiales para la fabricación de moldes para este proceso:

- Su capacidad para transmitir y mantener constante una temperatura determinada por las necesidades del plástico al formar.
- Su resistencia al uso considerando la vida útil planeada para la producción.
- Su facilidad de ser colado y maquinado
- Su disposición para ser reparado de así necesitarse

Muchos materiales han sido usado en este proceso con éxito aunque la gran mayoría de los moldes son fabricados con una pequeña cantidad de metales y aleaciones debido a las relativas bajas presiones y temperaturas que se manejan en su operación. Estos son: aluminio y aleaciones de aluminio, aleaciones de cobre, zinc y aleaciones de zinc y por último el popular hierro colado.

3.2.2.- Constitución y diseño del molde

La generalidad de moldes para extrusión soplo están formado por dos partes aunque pueden (y de hecho así son) fabricarse en tres o cuatro elementos cuando la pieza requiere de partes huecas o presenta formas irregulares (figura 159)

En estas herramientas las cavidades del molde son réplicas de las formas exteriores del producto y en ellas las consideraciones sobre contracciones al enfriamiento del plástico son de vital importancia. Además, la correcta ubicación de la línea de partición y lograr espesores uniformes en todo el cuerpo hueco son dos responsabilidades del diseñador del molde. La primera cooperará a obtener la mejor estética del producto, y lo segundo hará una pieza más confiable en su uso.

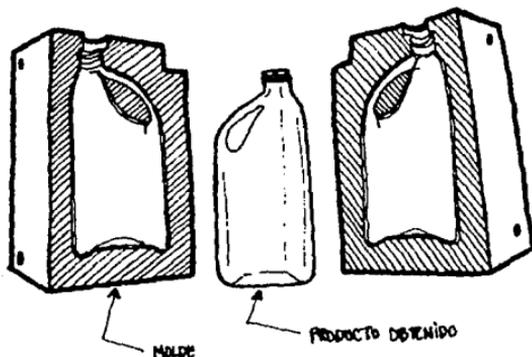


Figura 159. Construcción típica de un molde de extrusión-soplo donde se muestra la botella ahí formada.

3.2.3.- Fabricación

Las técnicas comunes para la elaboración de estas herramientas son colado y maquinado. En la mayoría de los casos se aplican ambos procedimientos. La construcción de la herramienta generalmente comienza con la realización de un modelo hecho en madera casi siempre y cuidadosamente terminado. De este se obtiene una aproximación al molde que consiste en un colado burdo que se maquina hasta obtener el acabado y la precisión requerida del objeto soplado (figura 160 abajo).

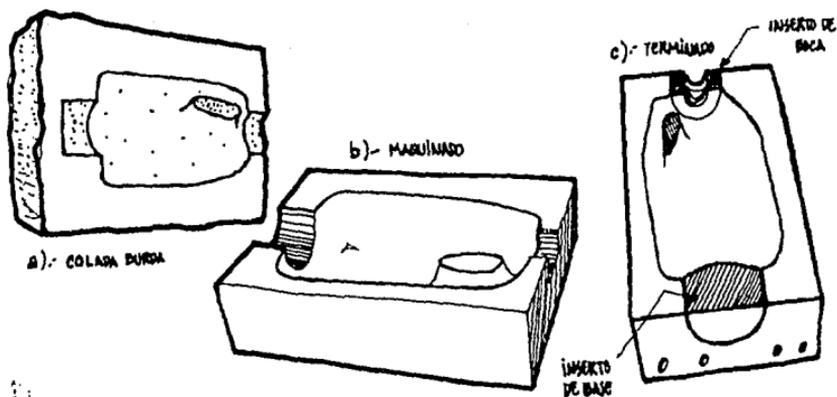


Figura 160. Estaciones de la fabricación de un molde de extrusión-soplo a).-Colada burda b).- Maquinado y, c).- Acabado

Las piezas huecas formadas por este proceso, casi siempre requieren de un proceso de remoción de rebaba ya sea por medios manuales o automáticos y durante el diseño del molde es importante considerar este hecho a manera de facilitar esta operación y de ser posible incorporar a la herramienta

"perfiladores" cuya función es la de producir marcas en el perfil del producto para que sean fácilmente desprendibles (figura 161)

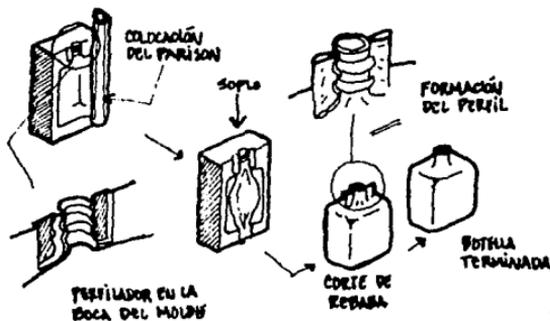


Figura 161. Formado de "rebaba y remoción con la ayuda de perfiladores.

3.3.- Moldes para el proceso de Inyección-Soplo

El formado por inyección-soplo debido a las altísimas inversiones que en equipo requiere y su relativa novedad en el medio es aún de limitada participación en la Industria Nacional. No obstante de él se espera un rápido crecimiento dada la importancia del ramo del envase, su principal consumidor.

El producto más común de este proceso son botellas de gran calidad de acuerdo a formas y espesores de material perfectamente controlados que superan a aquellos resultantes de la extrusión-soplo.

La inyección soplo se inicia con la inyección de una "preforma" y cuya virtud principal es la generación del cuello de la botella perfectamente acabado y un tubo para soplo de espesor uniforme (figura 162). Para la producción de la preforma es necesaria la participación de un molde de inyección sobre el cual los conceptos manejados en el punto 3.1.3 son perfectamente aplicables y sólo cambian en lo que respecta a la ubicación del "manguito" que aquí se desplaza con la estación de soplado y no permanece fijo en el molde.

Después de que la preforma ha sido inyectada el molde se abre para que la pieza aún caliente se posicione en un segundo molde, dentro del cual se produce el soplo conformando la pieza. Esta segunda herramienta requiere de diseño y fabricación de mejor calidad que la acostumbrada para los moldes de extrusión-soplo, esto se debe principalmente a que los materiales transformados por inyección-soplo requieren, para ofrecer las propiedades de ellos esperadas (como gran claridad como en el (PET), de un uniforme control de temperatura en toda la pieza lo que se logra mediante adecuados diseños de fabricación de la herramienta. Con estas consideraciones no es difícil concluir que estos moldes son de altos costos.

3.4.- Moldes para Compresión

Una serie impresionante de mejoras en el desarrollo de los materiales termoplásticos ha distraído hacia ellos la atención de los involucrados en la Industria del ramo, dejando en un segundo término a materiales termofijos que sin embargo desempeñan un papel importante ahí donde su propiedades y costos deja sin oportunidad a los primeros materiales.

Es proceso más importante para transformar termofijos es sin duda el de Compresión (ver Cap. XII apartado 8) que básicamente consiste en forzar un plástico por medio a altas presiones a adoptar una forma descada y, sostener las condiciones de temperatura y presión hasta que el plástico endurece.

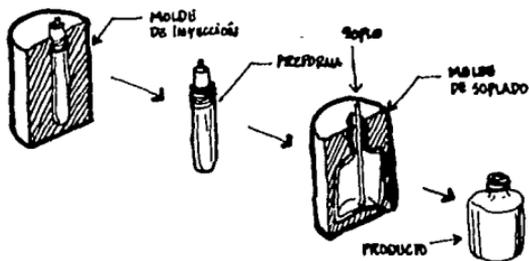


Figura 162. Moldes involucrados en el proceso de Inyección-Soplo

No obstante el uso de maquinaria moderna y técnicas especializadas de compresión las bases del proceso son las mismas con las que nació hace más de 150 años, esto para los moldes significa el manejo de altas presiones que van desde 500 a 10 00 lbs/plg² y temperaturas oscilantes entre 125 y 190° C.

Las condiciones arriba descritas se reflejan en diseños de moldes muy robustos fabricados combinando diversos aceros que son comunes también en la elaboración de moldes por inyección.

La práctica usual para fabricar moldes de compresión es el maquinado y ocasionalmente por colados. En ambos el trabajo de máquinas herramienta se realiza con estrechas tolerancias mismas que se exigen también a las piezas con ésta técnica producidas.

3.4.1.- Partes típicas del molde de Compresión

Un molde de compresión puede estar compuesto por una sola cavidad o por un número muy grande de ellas, ejemplos de estos últimos son los destinados a la fabricación de tapas para contenedores de productos químicos que en cada ciclo generan 150 piezas y en caso extremos los productores de botones obtienen hasta 500 piezas.

El molde promedio cuenta entre una y quince cavidades. El uso de herramientas con pocas cavidades son los predilectos por los industriales ya que presentan ventajas como rápida carga, distribución uniforme de esfuerzos, reparaciones más rápidas y económicas. Así es común que para cumplir con producciones muy numerosas se fabrique varios moldes de pocas cavidades en vez de uno solo de gran rendimiento por ciclo.

Como en herramientas para otras técnicas de producción se forma por un macho o punzón y una hembra o cavidad. Abajo se muestra el corte esquemático de un molde muy sencillo de una sola cavidad señalando sus componentes básicos (figura 163).

Sobresalen por su importancia las partes marcadas como "placa alta" que es la parte que se fija en la platina móvil de la máquina con movimientos ascendente y descendente. La "placa baja" se ubica en la planta fija.

En este caso las resistencias se han ubicado en la parte exterior de la herramienta debido principalmente a las sencillez de la pieza.

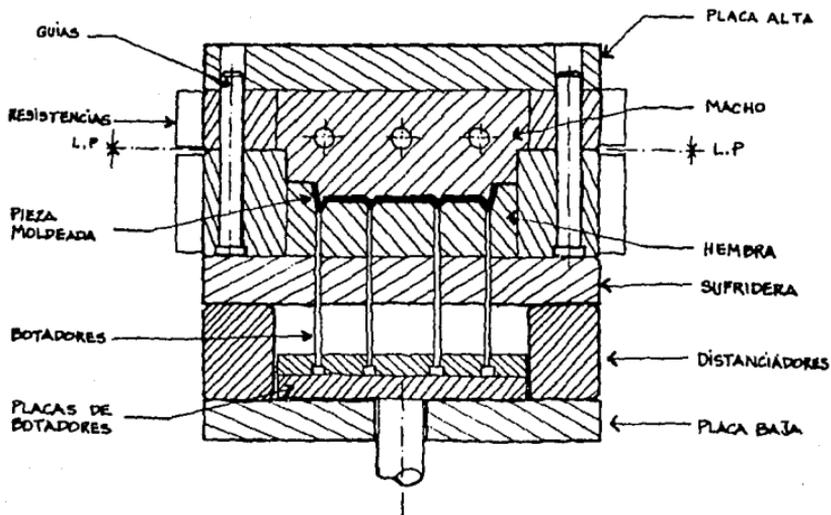


Figura 163. Corte de un molde de Compresión donde se señalan sus partes más significativas

3.4.2.- Tipos de moldes de Compresión

a).- Molde tipo flash

Es el más elemental con la línea de partición justo donde termina la pieza. Se aplica principalmente con resinas sencillas donde el retirar la rebaba no sea una operación compleja.

b).- Molde Positivo

Para piezas extendidas y de poca profundidad. Se hace mínima la presencia de rebaba para un molde sencillo.

c).- Molde Semi-positivo

Favorece la botadura de la pieza en ambos lados del molde por lo cual es el apropiado para máquinas automáticas de gran producción. (figura 164).

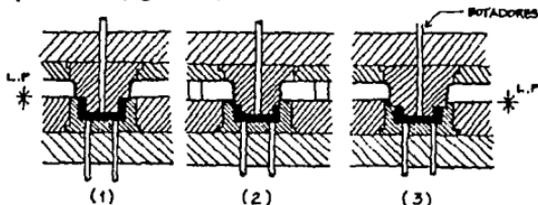


Figura 164. Tipos de moldes para Compresión: (1) Molde tipo Flash (2) Molde positivo (3) Molde semipositivo

3.5.- Moldes para el proceso de Transferencia

Como se detalla en páginas anteriores (Cap. X apartado 9) el proceso de transferencia se aplica con productos de materiales termofijos y presenta gran similitud con el proceso de Inyección. Consiste en depositar una carga de termofijo en una cámara caliente que esta dentro de la herramienta pero separadas de las cavidades. Cuando el material esta plastificado es forzado por presión a ocupar las cavidades donde el endurecimiento toma lugar.

Para conducir el material plastificado a las cavidades se hace uso como en la inyección, de entradas de alimentación de cuidadoso diseño para lograr el correcto llenado y uniforme endurecimiento de las cavidades.

3.5.1.- Tipos de moldes de Transferencia

A similitud de la Compresión los moldes de transferencia operan bajo grandes presiones por lo cual su diseño resulta en piezas robustas y de gran precisión, con temperaturas que oscilan entre 125 y 185° lo que depende del material a formar, diseño y acabados del producto.

Dos tipos de molde de transferencia son los más usados:

a).- De pistón sencillo

En esta herramienta la cámara caliente esta formada por un simple tubo que abierto en su parte superior es alimentado con el material y con su parte interior conduce a los canales de distribución. Un pistón accionado por la máquina o prensa obliga al material a circular por los canales llenando las cavidades (figura 165).

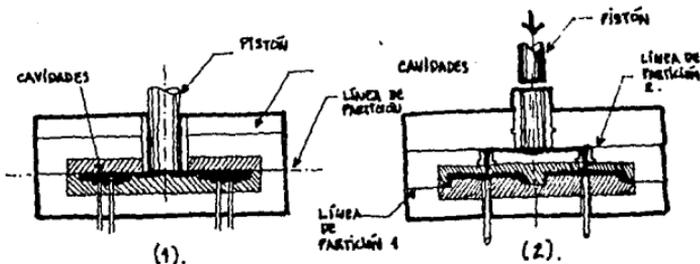


Figura 165. Corte esquemático de moldes típicos de transferencia de pistón sencillo.
(1) De una sola línea de partición y, (2) Con dos líneas de partición o de tres platos.

Cuando el material ha endurecido lo necesario el pistón se retira a su posición original y el molde se abre, las piezas moldeadas y canal de alimentación son retirados de las cavidades ya por medios manuales o por botadores automáticos para el caso de máquinas de alta producción.

Una variante a este tipo de molde es el formado por "tres platos" que resulta una alternativa valiosa cuando el llenado de las cavidades no es sencillo de controlar o bien cuando la marca de la línea de partición en el producto debe ser discreta, (figura 165arriba).

b).- Moldes de Cámara Integrada

Los moldes de cámara integrada fueron los primeros en ser usados y se llaman así cuando la cámara caliente y el pistón son parte del mismo molde (figura 166).

El diseño común para este tipo de molde es una pieza con dos líneas de partición. El pistón esta ubicado en la parte superior y la cámara, usualmente de forma cilíndrica se ubica en la parte central. Las cavidades las encontramos en la parte más baja del molde.

Endurecidas las piezas después de la transferencia del material, el molde se abre arrancando por el cuello la mazarota o colada que así es retirada (usualmente por medios manuales) a través de la cámara. Las piezas y canales se extraen del molde por medio de botadores.

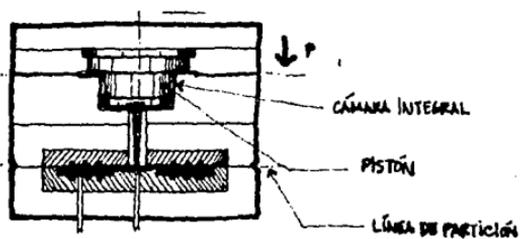


Figura 166. Esquema de un molde de transferencia con cámara integrada.

3.6.- Moldes para estireno expandido

El ciclo de molde para el estireno expandido plantea diferencias sustanciales con todas las técnicas hasta el momento revisadas desde la materia prima usada, maquinaria y claro herramienta. Es recomendable para una mejor comprensión leer lo expuesto en el análisis de la resina de poliestireno (Capítulo IX apartado I I), especialmente en la parte de "producción de perlas expandidas", ya que en este punto es donde propiamente da inicio el moldeado del material.

El proceso consta de los siguientes pasos:

- Llenado del Molde

Este, dependiendo del nivel de automatización empleado, puede realizarse manualmente o por medio de dosificadores programados. Ambos casos depositan en la o las cavidades del molde perlas preexpandidas.

- Inyección de vapor a presión

El vapor inyectado a cierta presión pasa a las cámaras (figura 167) a las cavidades a través de válvulas, circulándolas entre las perlas plastificadas y obligándolas a expandirse gracias al agente incluido con ese fin en la perla. La expansión y fusión de cada perla contra otras forma el producto moldeado que modificando la presión del vapor el tiempo de presión aplicado y la temperatura dentro de la cavidad puede ofrecer varias características.

Los ciclos de molde para este proceso son muy variadas y oscilan entre 6 segundos para un vaso desechable hasta 20 minutos para un bloque de grandes dimensiones.

- Enfriamiento

Aquí la presión desarrollada durante la inyección de vapor y la del gas de expansión que ha escapado de las perlas baja, permitiendo la apertura del molde sin deformación alguna en la pieza. Todo ello se logra al introducir agua fría al interior de la cámara lo que acelera significativamente el proceso

- Botadura

3.6.1.- Constitución del Molde

Un molde para poliestireno expandido puede presentarse con apertura vertical u horizontal lo que depende de la máquina a emplear aunque la Industria acepta las ventajas que ofrecen los moldes de operación vertical principalmente en un rápido desalojo de subproductos del ciclo como agua y perlas no fundidas.

Los moldes se fabrican usualmente por colados y maquinado seleccionando el material de acuerdo a la cantidad de piezas por producir esto es para pequeñas o moderadas corridas de fabricación son factibles por su costo el aluminio, bronce y cobre.

Para grandes producciones la utilización de acero inoxidable es el material más usado debido a su buena conductividad térmica y duración.

Un molde típico para estireno expandido se muestra en la siguiente página donde sólo se señalan sus partes de mayor relevancia.

En la ilustración notamos la aparición de una nueva parte que lo hace diferente a los otros moldes la "cámara o cámaras de vapor" cuya función es calentar o enfriar las paredes de las cavidades además de permitir el paso del vapor hacia ellas por medio de válvulas estratégicamente situadas. Esta "cámara de vapor" puede tomar dos fórmulas, una de acuerdo a la cavidad más eficiente en cuanto al control de temperaturas y presiones en la herramienta y dos; una cámara tipo "caja" que es una que se puede adaptar a varios contornos. Esta última ahorra gran cantidad de material y costo de elaboración aunque no resulta práctica en piezas desde el control de las condiciones del proceso resultan críticas (figura 168).

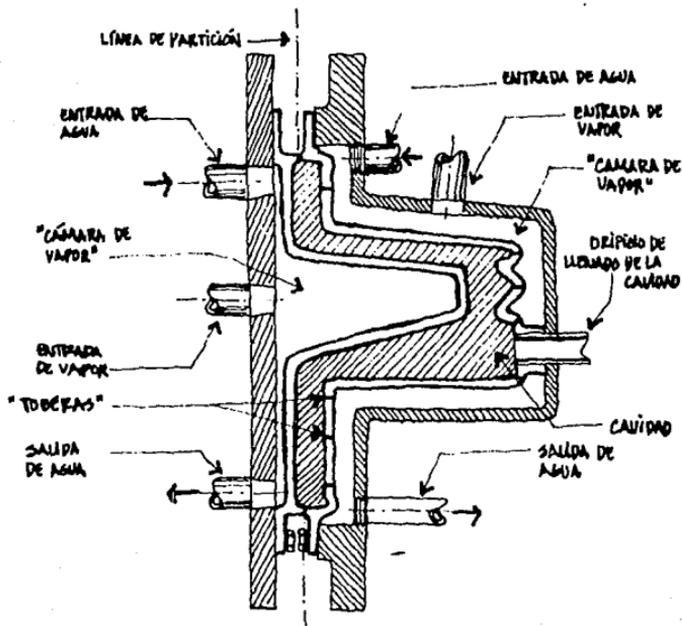


Figura 167. Molde usual para la producción de piezas en poliestireno expandido para máquina de operación vertical.

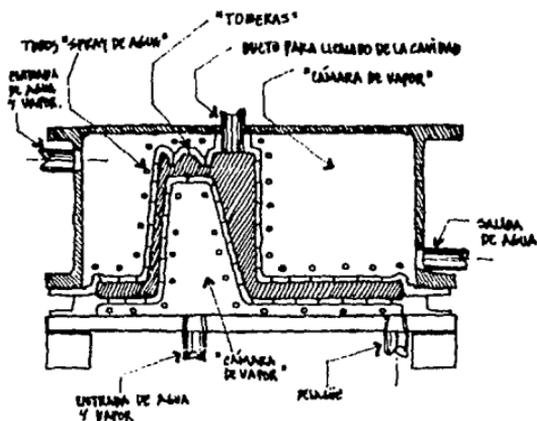


Figura 168. Molde de operación horizontal con "cámara tipo caja"

Para obtener piezas confiables la utilización correcta y ubicación de las "toberas" (válvulas que permiten el paso de vapor a el interior de la cavidad), se reviste de gran importancia por lo cual existen en el mercado una gran cantidad de tipos y diseños de ellas. Abajo se ilustran las dos formas más comunes de toberas.

4.- Herramientas para trabajo en frío

4.1.- Herramientas para molde sin endurecimiento

Estos moldes se usan para dar forma provisional al material y ser endurecidos posteriormente añadiendo otros materiales o sometiéndolos a un proceso adicional.

Dos son las herramientas para moldear sin endurecer usuales en la Industria:

- Moldes para pastillaje
- Moldes para la fabricación de preformas.

4.1.1.- Moldes para Pastillaje

La fabricación de "pastillas" se da principalmente para los procesos de Comprensión y Transferencia radica, en ofrecer una porción exacta y uniforme de material para cada ciclo de moldeo que evitan a medida y recorte manual de este al pie de la máquina.

Los moldes para pastillaje se fijan en prensas muy similares a aquellas usadas en el proceso de Comprensión, aunque su fuerza es mucho menor y sus ciclos más rápidos. Esta técnica es sencilla y se inicia con el operario (o sistema automático de alimentación) que llena la o las cavidades del molde para posteriormente accionar la máquina que presiona al material, cuando el ciclo ha terminado la pieza es removida del molde casi al mismo tiempo que la placa superior deja de ejercer presión. No se requiere tiempo alguno de "endurecimiento".

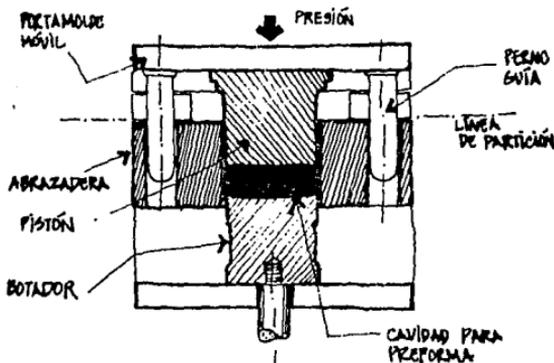


Figura 169. Corte esquemático de un sencillo molde de "pastillaje" en frío. Doble acción.

Debido a su fragilidad inherente a la remoción del molde de éstas piezas plantea algunas consideraciones interesantes; los botadores usados en otros procesos con piezas resultan inútiles al producir deflexiones o provocar fracturas en la pastilla. La mejor solución para esto son los botadores anchos o bien "botadores de placa completa" que consisten en grandes porciones deslizantes de la cavidad mismas, las cuales deben sacar la pieza por completo para ser retirada sin daño alguno.

Otra aplicación importante de estos herramientas es la fabricación de artefactos semiterminados para ser endurecidos en hornos u otras fuentes de calor como son algunos termofijos con cargas (por ejemplo en la elaboración de discos para esmeril se da esta práctica) y hules naturales o sintéticos.

La fabricación de estas herramientas se realiza para el caso de moldes pequeños, en aceros que ya maquinados son sometidos a procesos térmicos sencillos. Los acabados de estas herramientas normalmente no requieren de la pulcritud técnica que se muestra en moldes para otros procesos.

4.1.2.- Moldes para la fabricación de preformas de plásticos reforzados

Las preformas para la fabricación de piezas de plásticos reforzados son rápidas frágiles del producto a obtener. Estas se forman con fibras y un agente aglutinante que no tiene otra función más que obtener al material unido por un corto lapso de tiempo.

La industria de plásticos reforzados es sin duda la de resina poliéster con fibra de vidrio como material de refuerzo y para ella se han creado varias técnicas exitosas para la producción de preformas que casi en su totalidad se destinan al proceso de compresión y tienen el propósito de acelerar el ciclo de trabajo de la máquina al ofrecer al operador la materia prima exacta en cantidad y definida en su forma. Estas técnicas son:

- Cámara plena, y

- Fibra dirigida

Los moldes que en ella se aplican son de gran sencillez y están fabricados de aluminio colado y maquinado, para piezas más sencillas se aplica una estructura metálica forrada por una malla también metálica de trama muy cerrada.

- Proceso de Cámara plena

Es el proceso más frecuente en la Industria y consiste en una estructura metálica muy cerrada, que en su parte superior tiene un cortador de fibra en cordel (roving), en el interior se encuentra el molde de malla o pantalla bajo la cual se ubica el sistema de succión que orienta hacia el molde la fibra procedente del cortador y que se encuentra impregnada por un agente aglutinante. (figura 171).

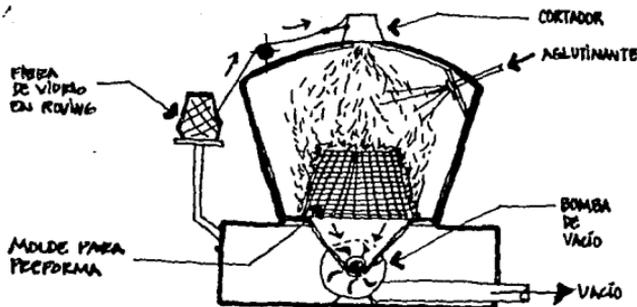


Figura 171. Esquema del funcionamiento de una máquina productora de preformas por la técnica de cámara plena

Una vez que el espesor de la preforma es satisfactorio se extrae la pieza de la cámara y se le deposita en un horno durante un corto período de tiempo para disminuir su fragilidad y así facilitar las operaciones con baño de resina.

El proceso de *Horno Integral* resulta una variación del de cámara plena ya que aquí también se cuenta con un cortador superior de fibra y un extractor de aire bajo el molde. La diferencia se hace en que al proceso se le agrega un horno y un sistema rotacional de estaciones para hornos y extracción de la pieza. (Figura 171).

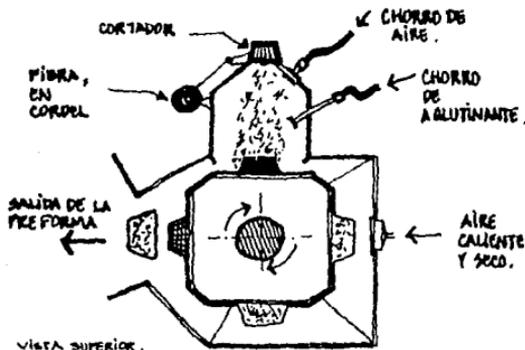


Figura 171. Esquema del funcionamiento de una máquina de preformas con al técnica de Horno Integral.

- Fibra dirigida

Aquí la fibra y el aglutinante se depositan sobre el molde que gira en posición vertical o inclinado si es muy grande, por medio de una pistola de aspersión operada manualmente. Cuando la preforma ha tomado el espesor necesaria se lleva a un horno de secado. Esta técnica se aplica principalmente en productos de grandes dimensiones como tapas de máquinas o partes de carrocerías.

4.2.- Herramientas de moldeo para resina poliéster reforzada

Las numerosas técnicas para moldear la resina poliéster con refuerzo (ver Cap. X apartado 13) implican el uso de gran diversidad de moldes fabricados en metal, madera, yeso y hormigón entre otros. Por su importancia para el diseño aquí solamente revisaremos los casos de moldes abiertos fabricados con la misma resina reforzada y las herramientas para moldear por prensado.

4.2.1.- Moldes abiertos

Los moldes abiertos o de laminación simple a presión ambiental pueden ser macho o hembra según las caras interiores o exteriores del objeto. Su fabricación aunque adecuadamente estructurada no es robusta y están diseñados sólo para soportar los esfuerzos en su manejo además de los propios del proceso, los cuales no son críticos.

Estos moldes se fabrican en varios materiales como pueden ser yeso, madera, metal y el más común que es la misma resina reforzada con fibra de vidrio.

Para su fabricación el trabajo comienza con la hechura de un "modelo" del producto a obtener.

El modelo puede ser uno ya existente o uno fabricado de yeso, madera, un sintético como resina epóxica o espuma de poliuretano. Los acabados en este paso deberán ser mejores de acuerdo a la calidad deseada del producto ya que todo detalle será reproducido en el molde y lógicamente también es la pieza terminada.

Listo el modelo se baña con un producto que facilite su separación del molde para posteriormente aplicar la primera capa de resina especial para acabado (gel coat). Después de forma manual se inicia la deposición de fibra de vidrio operación que se hace por medio de una aspersora la que va produciendo capas de este material con resina, el proceso se repite hasta alcanzar el grosor adecuado

que va de 4 a 7 mm de espesor. Son separados el modelo y el molde que en este caso es negativo (figura 172).

Para reforzar al molde y prolongar su relativamente corta vida útil se vale de madera y piezas metálicas que se "ahogan" en sus paredes aumentando su estructura.

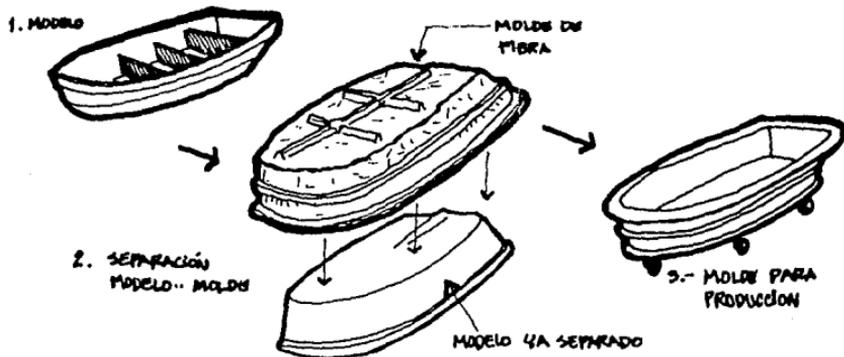


Figura 172. Fabricación de moldes de resina poliéster reforzada a partir de un modelo.

4.2.2.- Herramienta para moldeo por prensado

La intención de estos moldes es obtener una presión que conduzca a la máxima densidad del material con la mínima porosidad.

Estas herramientas son parecidas a las empleadas para moldear con compresión, pero como las resinas poliéster (y otras como las epóxicas también usadas en plásticos reforzados) no requieren de una presión tan elevada los moldes no son por fuerza de metales, y las prensas necesarias pueden ser de baja capacidad e inclusive se puede hacer uso de prensas de tornillo accionadas manualmente (técnica común en la fabricación de cuerpos para sillas de oficina).

Este moldeo macho-hembra da como resultado dos caras de buen acabado mientras que los moldes abiertos sólo ofrecen una. Sin embargo el costo de esta herramienta es mucho mayor por lo que la cantidad a producir debe justificar su construcción, una desventaja más puede ser el de sus límites que determinan al tamaño y capacidad de la prensa.

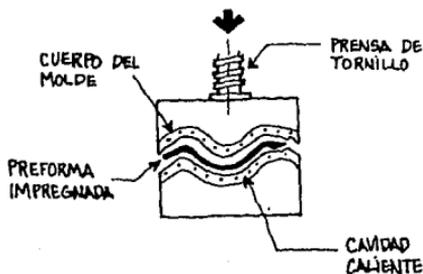


Figura 173. Esquema del funcionamiento del molde para prensado

4.3.- Moldes para vaciado

Los moldes para vaciado o también llamados "moldes flexibles" se aplican principalmente para la obtención de piezas industriales en producciones muy pequeñas, en la fabricación de modelos y prototipos, además son ampliamente usados en talleres artesanales para la obtención de figuras decorativas. Las materias primas que se forman en estos moldes son generalmente resinas poliéster con o sin cargas y para productos más caros, resinas epóxicas o espumados de poliuretano.

Los materiales usados para fabricar moldes flexibles deben cumplir con ciertas características como son resistencia mecánica y a los químicos usados en las reacciones, flexibilidad y fidelidad de reproducción.

Los materiales que en mayor o menor medida satisfacen estos requisitos son:

- Hules de silicón
- Elastómeros de uretano
- Látex, y
- Plastisoles (vinilos)

Los moldes fabricados con estos materiales pueden ser de varios tipos y con características muy propias según el producto y técnicas particulares del industrial o artesano. No obstante todos ellos responden a tres grupos:

4.3.1.- Moldes abiertos flexibles

Se usan cuando los diseños a producir son de espesores uniformes como aplicaciones o molduras para muebles o decoración y se obtienen por vaciado directo del material en estado líquido sobre el modelo que ha sido previamente cubierto con una sustancia que ayude al desmoldeo (figura 174)

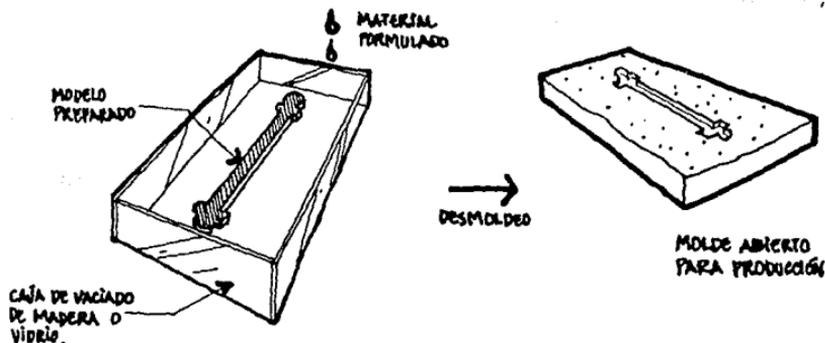


Figura 174. Obtención de un molde flexible abierto

4.3.2.- Moldes Múltiples

Estos son los indicados cuando las piezas a fabricar no presentan caras planas como es el caso de esculturas, figuras decorativas y partes para dispositivos eléctricos. Los modelos flexibles múltiples usualmente se realizan en dos o tres partes que se obtienen en caja de vidrio o madera por encapsulado. (figura 175).

Una variación del molde abierto es la conocida como "guante de hule" de gran aplicación para fabricar partes de espuma o poliuretano rígido para la industria mueblera (marcos y molduras

principalmente) y para piezas de decoración. Este molde está formado por un banco de soporte ("caja"), un contra molde de yeso y el molde flexible. (figura 175).

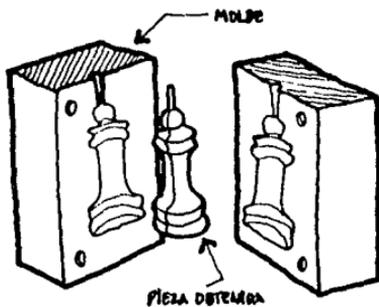


Figura 175 Molde flexible de dos partes

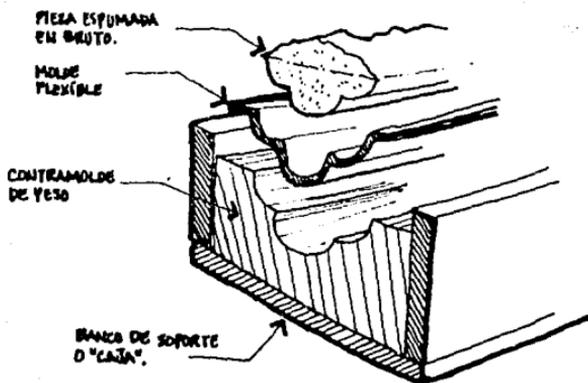


Figura 176. Molde flexible Múltiple

5.- Dados de Extrusión

La función de un dado para extrusión resulta bastante sencilla de explicar como una perforación a través de la cual forzaremos el material plastificado que saldrá, mientras mantengamos la fuerza y el suministro del material, continuamente por el otro lado del dado con la forma de la perforación (ver el capítulo X apartado 1).

Aunque fundamentalmente sencilla la forma de operar de un dado, el desarrollo de la industria y los requerimientos que el mercado plantea ha obligado a una permanente búsqueda de mejores herramientas, que aparejado trae una mayor complejidad en sus tipos, manufactura y funcionamiento. Así encontraremos una enorme variedad de dados en la Industria que si bien con algunas características propias podemos clasificar en cuatro grandes tipos:

- Dados Planos
- Dados Tubulares
- Dados de orificios
- Dados para perfiles

5.1.- Dados Planos

Los dados planos son herramientas que se utilizan en la producción continua por medio de una extrusora de placas y películas de plásticos. (figura 177). Se dividen en dos grandes categorías; a).- De alimentación recta y, b).- De alimentación inclinada o de "cola de pescado".

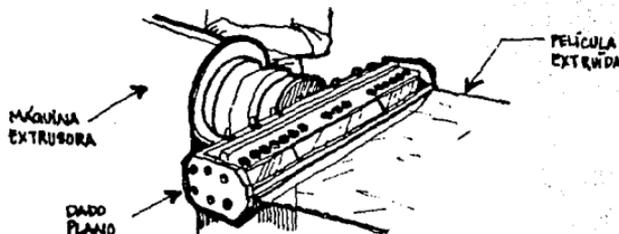


Figura 177. Dado plano de extrusión de placas y películas

a).- De alimentación recta

Este diseño es el más sencillo de todos, aquí el material alimentado por la extrusora al llegar al dado se distribuye a través de una cavidad en forma de tubo a lo largo de la herramienta. La presión de la máquina obliga al material a pasar entre las dos "navajas" cuya distancia entre ambas determina el espesor de la película o de la lámina. (Ver siguiente página. Figura 177).

b).- De alimentación inclinada

Este segundo tipo de dado plano obedece a la necesidad de distribuir al flujo del material procedente de la extrusora, de la manera más uniforme a lo largo del dado antes de que sea forzado entre las navajas. Aquí como se puede notar en la ilustración (figura 209 abajo) la cavidad en forma de tubo se encuentran inclinada y no es completamente circular sino que tiene un perfil similar al de una gota con el fin de disminuir la fricción producida entre el material y las paredes de la cavidad. Es obvio que la fabricación de este dado resulta de mayor complejidad y costo que el de alimentación recta y bien puede no ser satisfactorio más que para un solo tipo de plástico por lo que su uso puede ser prudentemente considerado por el transformador. Su aplicación más usual se da en la fabricación de películas de mediano espesor.

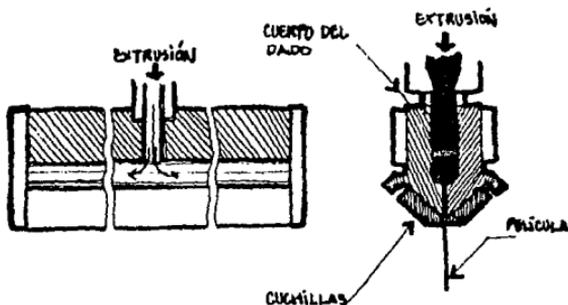


Figura 178. Esquema de un dado plano con alimentación recta

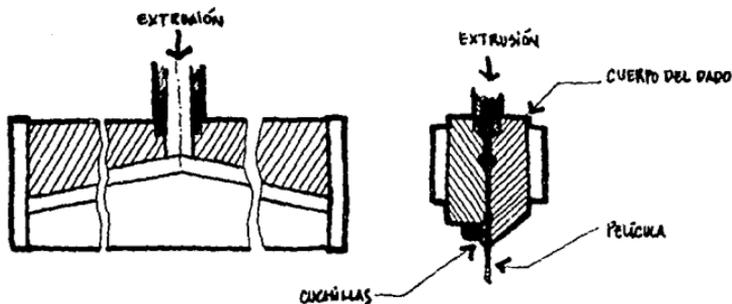


Figura 179. Dado de alimentación inclinada para placas y películas

Los productos que se generan a través de estas herramientas son para el primer tipo (de alimentación recta) películas o placas de polietileno y para los de alimentación inclinada son polietileno, propileno y en menor medida celulósicos.

Un diseño típico para dados planos lo es el llamado "dado de estireno" de gran cantidad de aplicaciones para el poliestireno en diversos grados de impacto y de gran utilidad en la fabricación de placas para el proceso de termoformado. En diseños de alimentación inclinada es considerado la herramienta "de batalla" en la Industria Nacional de la extrusión.

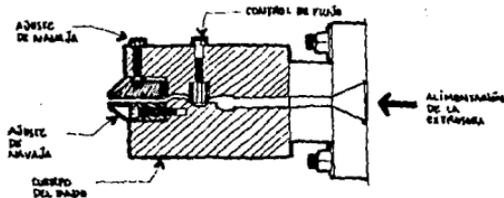


Figura 180. Corte esquemático de un "dado de estireno" de alimentación inclinada.

5.2.- Dados tubulares

Los dados tubulares responden a la sencilla idea de enrollar mentalmente la rendija de un dado plano para comprender lo básico de su principio de funcionamiento, esto es un anillo por medio del cual obtenemos formas continuas que denominamos "tubulares".

Son dos los tipos básicos de dados "tubulares":

- Para la fabricación de pelculas y.
- Para la fabricación de tubos

5.2.1.- Dados tubulares para la fabricación de pelculas

Estas herramientas se pueden colocar en extrusoras de funcionamiento vertical u horizontal siendo el primer caso el más común.

Su misión consiste en producir por medio de su rendija circular y el material aportado por la extrusora, un tubo, que justo al salir del dado es hinchado por una fuerte corriente de aires lo que produce su ensanchamiento al adelgazar su pared. En la figura 181 abajo, se muestra un dado típico para extrusión de película de operación vertical con las características usuales en la industria.

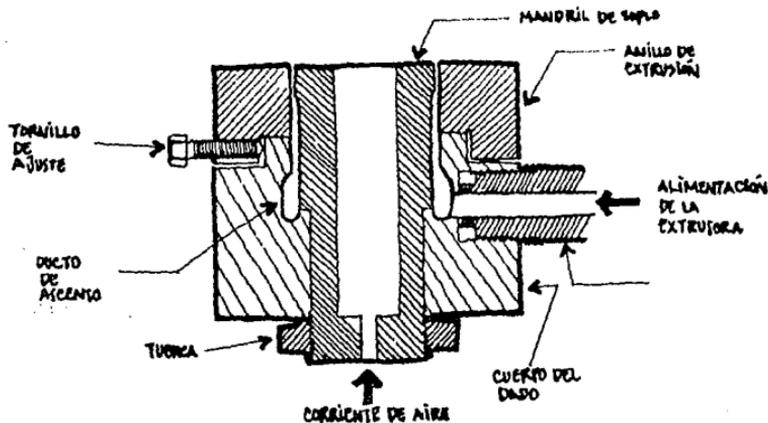


Figura 181. Corte esquemático de un dado típico de extrusión de película en tubo.

Si bien en la realidad esta herramienta sufre un sinnúmero de modificaciones debido a la amplia gama de películas producidas y tipos de máquinas empleadas con él, en lo fundamental todos muestran un mandrill central (ver ilustración arriba) que corre a todo lo largo del dado y el cual se ajusta desde el exterior de la herramienta; esta parte del dado o cabezal tiene dos funciones básicas una, en conjunto con los aros exteriores determinar el espesor de la pared con el que saldrá el tubo y que al hincharse dará un espesor final de la película y, dos, permitir la entrada de aire a presión el cual producirá la "burbuja".

5.2.2.- Dados para la fabricación de tubos

El segundo tipo de diseño de dados tubulares corresponde a aquel destinado a producir tubos. La diferencia entre ellos y los vistos en el inciso anterior, consiste en que el mandrill se instala en su totalidad dentro de el cabezal lo que permite montar la herramienta en el sentido de flujo de materiales que produce la máquina como se muestra en la ilustración.

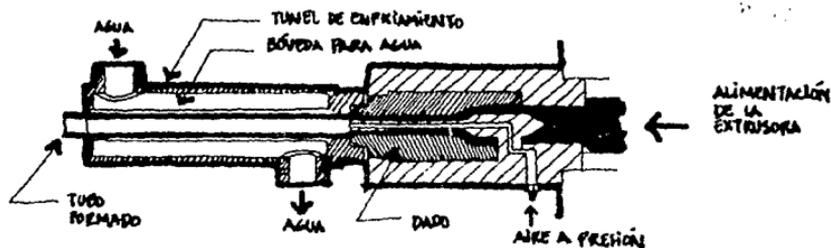


Figura 182. Corte esquemático de un dado típico para producir tubos

En la fabricación de tubos se usa nuevamente el mandril para conducir una fuerte corriente de aire, la cual obliga a la pared del tubo a deslizarse en contacto con la unidad de enfriamiento lo que impide que el producto se deforme.

Dos variaciones de estos dados son de importancia para la Industria Transformadora una, los cabezales para recubrimiento de alambre o cable y dos, la herramienta que suministra el tubo para el proceso de extrusión-soplo en la fabricación de artículos huecos como botellas.

En el primer caso, para el recubrimiento de alambres, el cabezal debe permitir la entrada a través del mandril del cable o alambre a recubrir, el plástico mientras es extruido como un tubo que rodea al cable o alambre como se muestra en la figura 183.

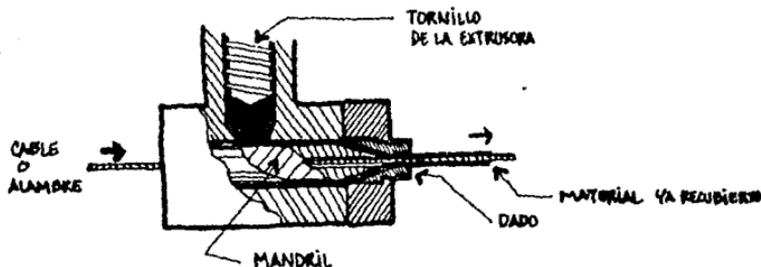


Figura 183. Corte esquemático de un dado típico para el recubrimiento del cable o alambre.

Los dados como el que se muestra en la ilustración usualmente se colocan en ángulo recto con la máquina aunque también es posible encontrarlos en otros grados de inclinación con relación a la extrusora.

Para el suministro de manguera o "parison" en el proceso de extrusión-soplo (ver capítulo X apartado 2) el diseño de la herramienta es de gran similitud con aquel para fabricación de película soplada pero con mejor grado de complejidad y la atención del diseñador se enfoca en la problemática que plantea a la extrusora, una plastificación continua propia de este proceso (figura 184)

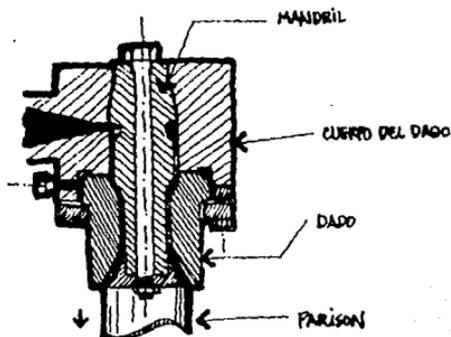


Figura 184. Dado para la producción de manguera o "parison" usado en el proceso de extrusión-soplo.

5.3.- Dados de orificios múltiples

Estas herramientas tienen dos aplicaciones principales; una, en la fabricación de pellets donde una cuchilla giratoria corta al material casi al momento de salir del dado, así resulta en los pequeños cilindros o gránulos de forma cúbica como se distribuyen la gran mayoría de las resinas a transformar en la Industria de los plásticos (figura 185).

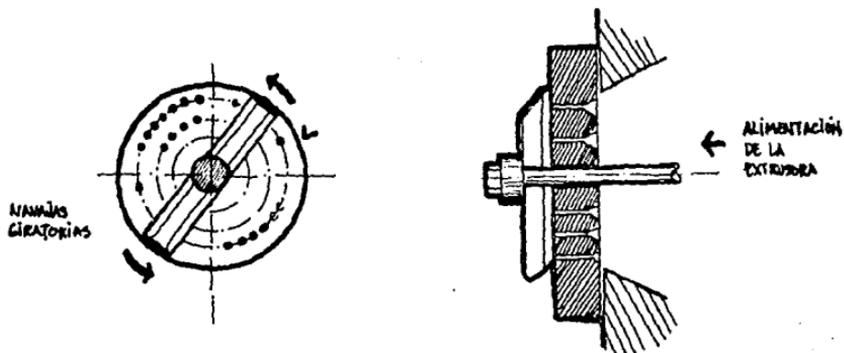


Figura 185. Cabezal y cortador para la obtención de pellets.

La segunda aplicación de los dados de orificios múltiples se da en la extrusión de filamentos, estos dados requieren de la máxima precisión y su manufactura usualmente se deja en manos de técnicos sumamente especializados.

5.4.- Dados para perfiles

Un perfil es considerado dentro de la Industria transformadora de plásticos como un producto de extrusión de formas más complejas que una simple barra o tubo, de menor tamaño y destinado a una aplicación bien terminada.

La función de un dado para la extrusión de perfiles común se refiere así: Distribuir uniformemente el flujo de material plastificado que alimenta la máquina extrusora y que desemboca en una forma determinada por el dado mismo. Esta herramienta también puede ser vista como la combinación de varios dados planos o tubulares de pequeño tamaño que generan formas continuas más elaboradas.

Las partes usuales de un dado para perfiles se muestran abajo y después serán explicadas a mayor detalle.

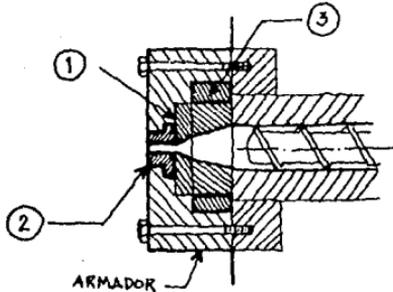


Figura 186. Esquema de un dado para la extrusión de perfiles.

(1).- Transición de flujo

La función primordial de esta parte es la de uniformar el flujo del material que proviene de la extrusora y dirigirlo de la forma más adecuada para cada perfil. Esta pieza puede estar diseñada para un producto en especial, o bien servir a una gama de extrusoras similares.

(2).- Plato

También conocido sencillamente como "dado", el flujo toma la forma del producto aquí.

Diversos son los tipos de construcción y formas de los platos de extrusión de perfiles, los más comunes son los rectangulares y los circulares que se les denomina popularmente como "tejos".

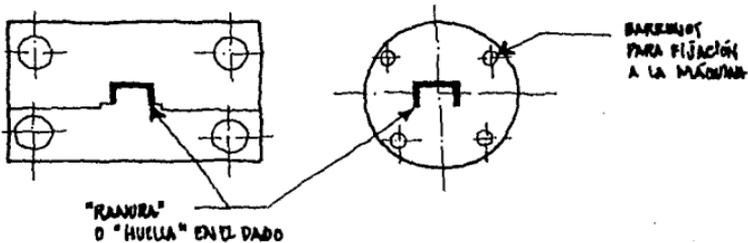


Figura 187. Las dos formas usuales de platos de extrusión.

Los platos se manufacturan de una sola pieza o bien por varias, dependiendo de la complejidad del perfil. Los de una sola pieza ofrecen la posibilidad de evitar posibles goteos o pequeñas rebabas en el perfil que van en detrimento del producto. Por otro lado los platos formados por varias piezas (usualmente no son más de dos) son más fácil de fabricar, especialmente si el diseño de perfil muestra cavidades sumamente angostas. Una posibilidad atractiva para el transformador en cuanto a los dados

de varias partes es la de poder ser usados en varios diseños de perfiles simplemente cambiando sus elementos como se muestra abajo.

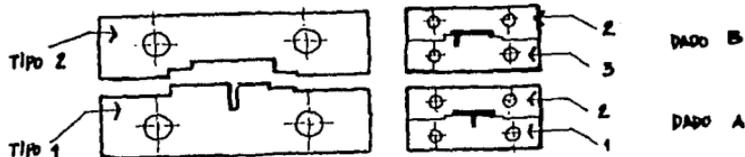


Figura 188. Dos combinaciones de perfiles usando sólo tres partes de dados.

(3).- Calentadores

Como en el diseño de otros tipos de dados, los calentadores son resistencias eléctricas cuya función es la de conservar (Sino es que alterar momentáneamente) la viscosidad del plástico a transformar por lo que su diseño y ubicación debe estar acorde a las características del material en cuestión y del producto a obtener.

- Encogimiento e hinchado del material extruido

El diseño detallado del plato o dado de extrusión puede resultar en un verdadero dolor de cabeza para un diseñador novicio, ya que la técnica para la extrusión de perfiles en ocasiones llega a parecer un verdadero arte con infinidad de secretos y que a los no iniciados reserva un cúmulo de sorpresas. Esta situación puede ser ejemplo, un perfil extruido diferente e inclusive desproporcionado al maquinado con herramienta.

Lo que en realidad sucede es que durante el enfriamiento las formas y los materiales experimentan cambios que tienden a reducir el material. Esta reducción no es necesariamente homogénea en cualquiera de sus dimensiones y varía de acuerdo al plástico a procesar, forma del perfil y condiciones de proceso. El manejo de todas estas variables y las particularidades de cada una hacen muy difícil la obtención exacta de un perfil deseado. Para esto se requiere de un experimentado diseñador, la opinión del operador de la máquina a usar y la de el proveedor de la material prima.

5.5.- Materiales para la fabricación de dados

La manufactura de dados implica los procesos convencionales de máquinas herramientas descritos a lo largo de este capítulo, y los materiales con que se fabrican los mismos, entran en la variedad de aceros y aleaciones también revisados. Por lo que consideramos innecesaria una exposición especial para este tema.

CONCLUSIÓN

El esfuerzo científico de cara a la Segunda Gran Guerra desembocó en vertientes tecnológicas antes poco exploradas o subestimadas y que sin embargo modificaron significativamente la perspectiva de la Sociedad y su futuro, una de ellas fue sin duda la de los Plásticos. No obstante los años que separan aquellas fechas de las actuales el acelerado desarrollo de materiales continúa; Científicos, Ingenieros, Técnicos e Industriales ofrecen periódicamente a sus mercados potenciales "innovadores" plásticos que deslumbran tanto por sus propiedades y aplicaciones como por sus costos, todos ellos van a sumarse al enorme repertorio comercial de miles (literalmente) de tipos, variedades y marcas de los plásticos industriales disponibles.

La impresionante dinámica de esta Industria y el esfuerzo publicitario inherente a un mercado altamente competido son muchas veces causantes de una perenne sensación de atraso en el novel interesado con respecto al estado del arte, el sentimiento es entendible ya que el conocimiento de los plásticos está repleto de "verdades" relativas y temporales; esto significa que al tiempo que examinamos un tipo específico o familia de ellos o dado el caso de un proceso de producción particular tendremos que estar concientes que en otra parte, Centro de Investigación o Industria pueden estar modificando lo aceptado por nosotros como cierto. El problema es mayor al intentar emitir generalizaciones donde la respuesta a ello suele ser un sí ... y no, o viceversa.

Ahora bien es cierto que materiales con características inverosímiles (tales como es el caso de los polímeros de cristal líquido o los fluoropolímeros) se dan a la luz pública con cierta frecuencia debemos de verlos a través de la óptica propia del Diseño Industrial:

En la práctica resulta relativo hablar de plásticos realmente nuevos. Lo que usualmente se ofrece en el mercado son formulaciones modificadas en menor o mayor medida y dirigidas a mejorar propiedades de interés especial para ciertos sectores de la Industria.

La saturación del mercado ha hecho reconsiderar a los productores acerca del indiscriminado desarrollo de "nuevos materiales" que en la mayoría de las veces se diferencian de otros ya existentes simplemente por su presentación o nombre comercial.

El antiguo camino de encontrar innovadoras aplicaciones a materiales disponibles en vez de crear más vuelve a ser de interés para los fabricantes, lo que se espera reditue en un mejor racionalización del mercado.

No obstante la publicidad dada a los nuevos plásticos muy pocos llegan abruptamente a la Industria transformadora común. El material usualmente se incorpora en forma paulatina lo que permite un reconocimiento del mismo y donde las bases firmes en los conceptos elementales de los plásticos o sus técnicas de transformación se muestran como la clave para la "autoactualización" que demanda el profesional de esta Industria y la Industria misma.

La integración en nuestro país del diseñador industrial a la Industria del Plástico ha sido aún más lenta y difícil que en otros sectores de la Producción y no podemos señalar a unos o a otros como los culpables de esta situación, lo que habrá que decir es que ambos se encuentran en crisis. Por un lado la Industria del Plástico que con tecnología obsoleta, baja productividad y nula observación de las Normas Internacionales enfrenta rivales comerciales de otras naciones que le superan ampliamente en todas sus partes.

Por otro lado nos encontramos con el diseñador industrial que aún no logra una personalidad propia dentro del área productiva, todos estos hechos que parecen no tener relación pueden converger en algo intangible; *la creatividad* que analizada en términos amplios puede ser en la Industria del plástico la mejor arma para luchar en inferioridad de condiciones, lo que permitira el mejor aprovechamiento de los materiales, equipo y personal disponibles para ofrecer al mercado productos innovadores que compitan no sólo por su precio sino además por su diseño y función. Para los diseñadores es la creatividad la única característica profesional realmente propia que puede ofrecer como disciplina. Enfrentar la necesidad de creatividad de la Industria con la posibilidad de ofrecerla por parte de los diseñadores dará verdaderas respuestas de beneficio para ambos y habrá que estar preparados para este encuentro.

Glosario de términos

Conceptos de uso frecuente en el texto

ACELERADOR. Sustancia usada para activar un proceso de polimerización. Usualmente se aplicación se limita a termofijos.

ACERO. Aleación de hierro-carbón que se puede trabajar en frío o caliente. Muy usada para fabricar herramientas de moldeo de plásticos.

ADHESIVO. Sustancia que por su estructura química es capaz de unir a dos materiales por medios físicos o químicos.

AGLUTINANTE. Compuesto usado para mantener momentáneamente unidos a los materiales de un producto que posteriormente será endurecido. Se aplica para la obtención de preformas.

CADENA NO RAMIFICADA O LINEAL. Molécula que presenta a sus componentes alineados en fila.

CADENA RAMIFICADA. Polímero que se arma en forma lineal pero que además presenta monómeros que se enlazan a la estructura principal y que forman bifurcaciones cortas.

CATALIZADOR. Sustancias que activan o aceleran una reacción pero que en rigor no participan en ella.

CAVIDAD. Depresión hecha en el molde y donde se formará la pieza a fabricar.

CEMENTACION. Proceso por medio del cual se adiciona carbono a las capas superficiales de una pieza de metal para endurecerlo. De uso común en la fabricación de herramientas para moldear plásticos.

COPOLIMERO. Ver polímero. Plástico que en su estructura molecular muestra dos o más monómeros químicamente diferentes.

CRISTALINIDAD. Disposición tridimensional de los átomos y moléculas de alto orden o regularidad, lo que le da ciertas propiedades a los plásticos que presentan esta característica en alto grado.

CURA. Curado. Cambio de propiedades físicas de un material (generalmente nos referimos a su endurecimiento), por medio de una reacción química y que se efectúa por medio de la acción del calor y un catalizador, ambas o sólo uno de ellos, con o sin calor.

DEFORMACION ELASTICA. Es un deslizamiento de átomos de una posición inicial debido a un gran esfuerzo, y que al retirarse este retoman su forma de origen.

DEFORMACION PLASTICA. Nos referimos a un deslizamiento permanente de la posición de los átomos de una posición inicial, con lo cual el material no puede retomar su forma original.

DISEÑO INDUSTRIAL. Actividad de proyecto que determina las propiedades de los objetos producidos industrialmente y que hacen que este tenga una unidad coherente tanto como el productor como para el usuario.

ELASTOMERO. Alto polímero que con una estructura molecular "enrollada" al estirarse tiende a regresar a su forma original como en el caso del hule.

ENLACE IONICO. Unión que resulta de la atracción de un átomo al ceder electrones a otro o a otro grupo de ellos.

ENLACE COVALENTE. Formación de enlaces en los cuales los átomos del mismo elemento o de diferentes, comparten electrones lo que resulta en un fuerte enlace.

ESPUMA. Plástico que contiene burbujas de gas, las cuales aumentan su valor aislante, consistencia esponjosa y capacidad de absorción.

ESTRUCTURA. Nos referimos a la organización atómica de un material y que se define al especificar cuales átomos están presentes en que cantidad y como están localizados. Todo ellos da como resultado propiedades diferentes para estructura diferentes.

FIBRA. Plástico estirado finamente y de comportamiento generalmente rígido.

FLUENCIA LENTA. (Creep). Deformación permanente que aumenta como una función de una carga aplicada por un tiempo determinado.

FLUJO. Nos referimos al movimiento de resinas que originado por la aplicación de presiones permite formar un producto plástico.

HIDROFILICO. Nos referimos a aquellos plásticos que tienden a absorber humedad en el medio ambiente.

HIDROFOBICO. Plásticos que no muestran conductas de absorción de humedad.

HOMOPOLIMERO. Plástico formado por un sólo tipo de monómero y que ocasionalmente lo usamos como sinónimo de un plástico puro.

INICIADOR. Compuestos químicos que empiezan las reacciones participando en ella. A diferencia del catalizador los iniciadores si pueden aparecer al final de la reacción.

INHIBIDOR. Sustancia capaz de detener o desacelerar las reacciones químicas que se emplean para generalizar plásticos. Son muy usados para conservar la vida útil de las resinas impidiendo su polimerización espontánea.

MATRIZ. "Soporte" donde se arma un material de dos fases y que por lo general forma la fase continua una microestructura.

MOLDE. También la designamos en el texto como "herramienta". Cavidad en la que se vierte de alguna manera la composición del material plástico y en la cual este toma su forma.

MOLECULA. Estructura de átomos unidos por fuerzas de enlace. Generalmente nos referimos a las moléculas muy grandes o "gigantes", que forman a los plásticos.

MOLECULA CICLICA. Es la que encontramos con ciertos compuestos orgánicos y que presentan funciones de anillo, la más común de estos presente en los plásticos es el hexágono o molécula del benceno (C6 H6).

MOLECULA DE ENLACE CRUZADO. En esta estructura encontramos a las cadenas unidas a otras cercanas por medio de cadenas moleculares.

MOLECULA SATURADA. Molécula en que todos los enlaces de todos los átomos del esqueleto se encuentran ocupados por lo cual no es posible unirlos a otras estructuras.

MONOMERO. Nos referimos a la molécula básica unitaria (eslabón), que es capaz de reaccionar con otras para formar un polímero (cadena, unión de eslabones).

PESO MOLECULAR. Es la suma de los pesos de una molécula dada.

PLASTICO. Material sintético compuesto generalmente de átomos de carbono acompañado de hidrógeno y/o oxígeno, y/o nitrógeno, y/o silicio las cuales forman moléculas gigantes. A manera de sinónimos usados los términos "polímero", "material plástico", "plástico industrial".

PLASTICO(S) REFORZADO(S). Son mezclas de materiales sintéticos con otros materiales con la intención de incrementar la resistencia mecánica de los primeros. Generalmente en el texto nos referimos a la resina poliéster reforzada con fibra de vidrio.

POLIMERIZACION. Reacción química destinada a la unión de monómeros en grandes estructuras para formar polímeros (ver "polímero"). Los polímeros pueden formarse por "condensación" o por "adición": cuando hay dos o más monómeros en la reacción al resultado de ello lo denominamos "copolímero".

POLIMERO. Molécula gigante (macromolécula) formada por miles de moléculas más pequeñas estructuradas regularmente (ver "plástico").

PREFORMA. Porción de material que se forma con gran aproximación a la figura que finalmente tomará el objeto al ser endurecido. Su principal intención es la de agilizar el proceso de producción.

RESINA. Nos referimos al estado temporal intermedio, sólido, líquido o semisólido de todos los materiales plásticos. Generalmente son referidas en el texto a las materias primas (modificadas o no) que se han de transformar en productos a través de las técnicas que se exponen.

RESINAS NATURALES. Son producidas u obtenidas por o a partir de productos animales o vegetales. Por ejemplo el látex.

RESINAS SINTETICAS. Productos que se obtienen o se preparan por medio de procedimientos químicos (ver "sintético").

SINTETICO. Nos referimos a las sustancias que no existen por si solas en la naturaleza y son el resultado de la preparación industrial a partir de compuestos más sencillos. Generalmente en el texto con esta palabra aludimos a algún plástico o compuesto relacionado con los plásticos.

VALENCIA. Propiedad de los átomos que determina su capacidad o disposición para combinarse con otros átomos o moléculas.

VAN DER WALLS. Enlaces de. Uniones secundarias y de relativa poca fuerza, que se dan primordialmente gracias a la atracción entre cargas eléctricas de las moléculas. Son particularmente importantes en las estructuras que forman los plásticos.

VISCOSIDAD. Resistencia que presenta un líquido a fluir. El apropiado manejo de esta propiedad es de importancia en la mayoría de los procesos de transformación de los plásticos. Determina su capacidad o disposición para combinarse con otros átomos o moléculas.

I. LOS MATERIALES

(1). Rangel Nafaite Carlos
 "Los Materiales de la Civilización"
 Serie La Ciencia desde México No. 29
 FCE, SEP, CONACYT. México 1987

(2). Aguilar Sahagún Guillermo
 "El hombre y los Materiales"
 Serie La Ciencia desde México. No 69
 FCE, SEP, CONACYT. México 1988

(3) Aguilar Sahagún Guillermo y otros
 "Una ojeada a la materia"
 Serie La Ciencia desde México No. 3
 FCE, SEP CONACYT. México 1987

II. Historia de los Plásticos y de la Tecnología de los Plásticos

(4). Derry T. K, Williams T.
 "Historia de la Tecnología"
 tomos 1 y 2
 Ed. Siglo XXI. México 1977

(5). Gledion Sigfried
 "La mecanización toma el mando"
 Ed. Gustavo Gili. México 1978

(6). Taylor F. Sherwood
 "A history of Industrial Chimestry"
 Ed. Abelard-Shumman Ltd. New York. N.Y. 1962

III. Estructura Molecular

(7). Mark Heman
 "Moléculas Gigantes"
 Ed. Ediciones Culturales Universales. México 1987

(8). Guy, E.G.
 "Fundamentos de Ciencias de Materiales"
 Ed. Mc Graw Hill. México 1980

(9). Flinn R., Trojan P.
 "Materiales de Ingenierca y sus aplicaciones"
 Ed. Mc Graw Hill, México 1984

(10). Alcántara Barbosa Consuelo
 "Química en Imágenes"
 Ed. Eclalsa, México 1971

(11). Devore G., Muñoz Mena E.
 "Química Orgánica"
 Ed. Publicaciones Cultural. México 1975.

IV. Petróleo y Petroquímica

(12). Chow, Pangtay Susana
 "Petroquímica y Sociedad"
 Serie La Ciencia desde México
 FCE, SEP, CONACYT. México 1988

(13). Etienne, G. , Menchaca, H.
 "El Petróleo y la Petroquímica"
 Anuís.
 Ed. Edicol México, 1975

(14). Instituto Mexicano del Petróleo
 "La Industria Petroquímica Mexicana. Desarrollo y Perspectivas"
 I.M.P. Subdirección de Investigaciones Económicas y Desarrollo
 Industrial. México, 1987

V. Materiales Plásticos

(15). Beck Ronald
 "Design with Plastics"
 Ed. Van Nostrand Reinhold Publishers. New York N.Y. 1985

(16). Ehrenstein, G.W, erhard G.
 "Designing with Plastics"
 A report on the state of the art.
 Ed. Hanser Publishers, Munich 1984.

(17). Dietz, Albert G.H.
 "Plásticos para Arquitectos y Constructores"
 Ed. Reverté, Barcelona 1973

(18). General Electric Co. Inc.
 "Designing with Lexan"
 Pittsfield, Ma, U.S.A 1984

(19). Instituto Mexicano del Plástico Industrial (IMPI)
 "Anuario Estadístico del Plástico Industrial"
 IMPI. México 1989

(20). Instituto Mexicano del Plástico Industrial
 "Seminario la Era del Plástico. apuntes"
 IMPI. Guadalajara, Jalisco 1990

(21). "Modern Plastic Enciclopedia"
 1965-1966
 Ed. Mc Graw Hill Publishers Inc. New York N.Y 1965

(22). "Modern Plastics Enciclopedia"
 1983-1984
 Ed. Mc Graw Hill Publishers Inc. New York N.Y 1983

(23). Policyd S.A de C.V
"PVC"
Documento promocional
Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ) México 1988

(24). Quarnby, A.
"Materiales Plásticos y Arquitectura Experimental"
Ed. Gustavo Gili. Barcelona 1976

(25). Rodríguez, Ferdinand.
"Principios de Sistemas de Polímeros"
Ed. El Manual Moderno S.A México 1984

(26). Aguirre Tamez, Ma. Martínez de Velasco Emilio
"Documentos sobre plásticos para Diseñadores Industriales"
DCYAD. UAM-A México 1988

VI. Diseño con Plásticos y Tecnología de Transformación

(27). Dieter, George.
"Engineering Design"
Ed. Mc Graw Hill Tokio 1983

(28). Dubois J. H. Pribble W.L
"Plásticos Mold Engineering"
Ed. Van Nostrand Reinhold Publishers Co. New York N.Y 1982

(29). Fitzgerald, Robert.
"Resistencia de Materiales"
Ed. Representaciones y Servicios de Ingeniería. México 1978

(30). Menges, Mohren
"Moldes para inyección de Plásticos"
Ed. Gustavo Gili. Barcelona 1980

(31). Mink, W.
"Inyección de Plásticos"
Ed. Gustavo Gili Barcelona 1981

(32). Saechtling-Zebrowski
"Manual de Plásticos"
Ed. Reverté. Barcelona 1963

(33). Savagorodny, V.K
"Transformación de Plásticos"
Ed. Gustavo Gili Barcelona 1978

(34). Stoeckert, K.
"Tratamientos de las superficies de Plástico"
Ed. Gustavo Gili Barcelona 1977

(35). Parrilla, Felipe.
"Resina Poliéster, plásticos reforzados"
Ed. La Ilustración México 1981

Comentarios al uso en aula de "Plásticos, un texto para diseñadores"

La segunda parte de la tesis o el texto propiamente dicho se ha propuesto como bibliografía básica del curso "Materiales y Procedimientos Industriales II", que pertenece al plan de estudios de la licenciatura en Diseño Industrial de la Universidad de Guadalajara. La experiencia lograda mediante ejemplares fotocopiados por los alumnos se ha repetido tres veces con una duración de un semestre cada curso. Abajo se describen las principales ideas acerca de las bondades y los defectos de éste escrito expresados por más de cuarenta alumnos, profesores y técnicos que imparten o se relacionan con la materia, y por último por gente del medio editorial de la propia universidad. De aquí partirán las modificaciones que se requerirán para un mejor aprovechamiento del texto.

- Se considera que la secuencia en los contenidos del texto es lógica y su discurso favorece la asimilación de alumnos que desconocen el tema.
- Se le considera que es una aportación realmente práctica a los cursos.
- Los comentarios más favorecedores acerca de los contenidos de curso se dirigen hacia la descripción histórica de los plásticos, el manejo de las herramientas para su transformación, y al diseño a detalle.
- Para acelerar el manejo del texto conviene la adición de resúmenes por capítulo
- Exposición más extensa en los temas de la química de los plásticos y diseño a detalle.
- Actualizar información, en especial la referente a las aplicaciones por tipo de resina.
- Orientar una parte del texto hacia la descripción de nuevos materiales.
- Hacer más grandes y claras las ilustraciones al tiempo que presentarlas con tipografía formal.
- Enriquecer la descripción de resinas, agregando gráficas comparativas de comportamiento contra materiales de similar aplicación, a la vez que aumentando la cantidad de ejemplos para cada una de ellas.
- Aumentar las entradas al glosario, principalmente en el aspecto técnico.
- Ampliar la exposición sobre aspectos relacionados con la reutilización de los plásticos y los acabados comerciales que se puede dar al material.
- Tratar a mayor detalle y con más ejemplos el capítulo del proceso de selección de una resina.
- Mejorar las descripciones sobre materiales de creciente interés en la región, en especial hules negros y látex natural.
- Manejar el texto en cuadernillos para favorecer la publicación por la universidad.