

37



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE QUIMICA

**"TECNICAS DE TERMOFORMADO DE
LAMINAS PLASTICAS"**

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO QUIMICO

p r e s e n t a :

GUILLERMO KATO MATSUMOTO

México, D. f.

1979



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 esta 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.

TESIS 1979

LAS M.E. 180

BCHA

RDC

S

0000000000



JURADO ASIGNADO

Presidente	Prof. Julio Terán Zavaleta
Vocal	Prof. Fernando Iturbe Hermann
Secretario	Prof. Roberto Ricalde Velasco
1er. Suplente	Prof. Jorge Martínez Montes
2do. Suplente	Prof. Rolando A. Barrón Ruff

Sitio donde se desarrolló el tema.

Formados A.P.B., S.A. y Biblioteca de la Facultad de Química.

Sustentante : Guillermo Kato Matsumoto

Asesor del Tema: I.Q. Roberto Ricalde Velasco

A mis padres

A mi esposa

A mi tía Kimi

A mis maestros
con agradecimiento

Al Ing. Roberto Ricalde V.
por su valiosa ayuda.

I N D I C E

	<u>PAGINA</u>
Introducción.....	1
CAPITULO I.- Generalidades.....	3
CAPITULO II.-Métodos básicos de termoformado...	13
CAPITULO III.-Termoformado con vacío.....	28
Conclusiones y recomendaciones.....	45
Apéndice.....	48
Bibliografía.....	55

INTRODUCCION

En la actualidad, el termoformado de láminas termoplásticas ha adquirido gran importancia en la industria de transformación de plásticos, debido fundamentalmente a las múltiples aplicaciones derivadas de sus posibilidades, que en los moldes por inyección o por compresión resultarían imposibles o no atractivos desde el punto de vista económico.

Las técnicas y equipo usados para este método de formado, relativamente nuevo, se han desarrollado a gran velocidad. Aún cuando con equipo manual resulta económicamente atractivo, la automatización ha alcanzado niveles insospechados, ya que el tiempo de los ciclos de formado de las láminas termoplásticas, representa un alto porcentaje del costo de producción.

Uno de los objetivos de este trabajo es el de presentar al profesional en el campo de los termoplásticos, que puede ser desde un ingeniero hasta un técnico calificado, la información práctica necesaria empleando la metodología y lenguaje de uso en la industria, para lo cual se presenta desde una breve reseña del desarrollo del proceso, el cual se remonta en sus inicios a finales del siglo XIX, hasta los diferentes métodos de termoformado en la actualidad con sus modificacio-

nes, revisando los materiales factibles de ser utilizados, maquinaria y equipo para los diferentes métodos, aplicaciones, problemas de operación, ventajas y desventajas de un método y otro, haciendo énfasis en el método de termoformado con vacío, que es el de mayor aplicación a nivel industrial, para finalmente concluir y recomendar en base a experiencias prácticas.

CAPITULO I

GENERALIDADES

El termoformado de láminas termoplásticas es uno de los procesos más antiguos para el formado de artículos de plástico, se remonta a finales del siglo XIX, cuando se desarrolló el soplado de láminas de celulosa. Prácticamente su aplicación se limitó a unas cuantas con láminas acrílicas y de celulosa, siendo éstas de poca importancia en comparación con procesos como el moldeo por compresión o por inyección.

El termoformado de láminas de materiales termoplásticos, consiste en calentar las hojas hasta su punto de ablandamiento y prensarlas sobre los contornos de un molde. La presión necesaria se suministra en forma mecánica, hidráulica, neumática o mediante vacío.

Este proceso se ha desarrollado rápidamente gracias a las mejoras en equipo, a la introducción de nuevos materiales termoplásticos y por supuesto al desarrollo del proceso de extrusión de láminas termoplásticas. La elección del termoformado sobre otras técnicas de procesamiento de plásticos, se basa generalmente en consideraciones de tipo económico.

Actualmente, se conocen cuatro métodos de termoformado de láminas y más de veinte modificaciones de estos métodos, -

los cuales se describirán en el Capítulo II de este trabajo.

ETAPAS DE OPERACION DEL TERMOFORMADO

CALEFACCION

El tiempo necesario de calentamiento de la lámina para alcanzar la temperatura de termoformado, representa del 50 al 80% del tiempo total de un ciclo de termoformado, por lo tanto, es muy importante un rápido calentamiento para elevar la producción y tener menores costos de producción. Las láminas se deben calentar en forma uniforme para evitar tensiones internas en la pieza formada.

El calentamiento se efectúa mediante elementos de calefacción infrarrojos, situados de 8 a 10 cm. de la lámina, de preferencia por ambos lados. La intensidad de los mismos se regulará de acuerdo al espesor de lámina que se utilice.

Calentamiento por zonas.- El calentamiento por zonas es una técnica en la que se varía el calor de radiación y se utiliza para disminuir el efecto de no uniformidad en el espesor de la pieza formada. Se realiza controlando la intensidad de corriente de los elementos de calefacción en las zonas que se requiera.

Algunas máquinas no cuentan con este sistema de control, por lo que se utilizan "sombras" que ocultan áreas de la lámina que de otra forma se estirarían excesivamente, sobre todo en zonas críticas de la pieza como son esquinas, contornos --

agudos, zonas profundas, etc.

Intervalo de termoformado.- La lámina termoplástica se puede estirar en un intervalo de temperaturas, la más baja es aquella a la que se puede obtener una caja cuadrada con esquinas razonablemente agudas, estirando la lámina sin desventajas -- aparentes; la máxima temperatura de termoformado es aquella a la que la lámina se hace tan blanda y fluída que se pandea en el bastidor por su propio peso o cambia de aspecto debido a -- una degradación del material. En la tabla 1.1 se detallan -- temperaturas de termoformado y otras propiedades térmicas de diferentes materiales termoplásticos.

Pandeo.- Existen dos causas para que se presente el pandeo en las láminas calientes: La expansión térmica y el flujo de la resina fundida. La expansión térmica tiene lugar en las láminas no orientadas que se calientan desde la temperatura ambiente hasta la temperatura de termoformado y es del orden -- del 1 al 2% en todas direcciones. El flujo de la resina fundida, ocurre cuando la viscosidad de la resina se hace demasiado baja a la temperatura de termoformado y la lámina cae -- por su propio peso. Esto puede representar un serio problema con algunas resinas cuando se forman láminas grandes en moldes poco profundos, ya que el pandeo puede exceder al estiramiento necesario y se presenten plegamientos de la lámina.

ESTIRADO DE LA LAMINA

Uniformidad de la reducción de espesor.- La reducción del espesor de la lámina en la pieza formada depende de varios factores, entre los cuales se tienen las dimensiones del molde - (altura o profundidad y ancho), además de la forma, ángulos y radios del mismo. La velocidad del estirado es otro de los factores importantes, ya que si ésta es muy lenta puede provocar el estrellamiento o fractura de la lámina provocado por un enfriamiento prematuro. Un estiramiento rápido puede causar un adelgazamiento excesivo en las esquinas o zonas críticas, debido a que el material no fluye con suficiente rapidez.

ENFRIAMIENTO

El enfriamiento adecuado de la pieza formada es un factor muy importante en el proceso de termoformado de láminas termoplásticas. En la tabla 1.1 se muestran las temperaturas recomendadas a las que se deberán mantener los moldes, ya sea por circulación de agua o elementos eléctricos. Para acelerar el enfriamiento de la pieza formada, se utilizan ventiladores que envían aire frío directamente a la pieza aún cuando ésta se encuentra en el molde.

ACABADO

Después que la pieza ha sido termoformada, se procede al acabado final, el cual puede requerir recortado, decorado y pulido.

Recortado de piezas de pared delgada.- Cuando se utilizan láminas delgadas, el recorte de la pieza, en producciones pequeñas, se efectúa manualmente. En producciones altas, se cuenta con máquinas que efectúan el recorte de las piezas automáticamente, ya sea utilizando troqueles o cuchillas móviles. - Recortado de piezas de pared gruesa.- El recorte de la pieza se efectúa manualmente o mecánicamente. En la primera se utilizan sierras circulares, sierras cinta o "router" y en la segunda se utilizan troqueles o cizallas.

DECORACION

Impresión previa.- Antes de proceder al termoformado de la lámina, ésta se imprime mediante la técnica de pantalla de seda, litografía, rotograbado, impresión de letras, pintado por pulverización o de calcomanía. Para producciones altas de láminas sencillas, se utiliza generalmente el sistema de pantalla de seda por su bajo costo y el de rotograbado para láminas cortadas de rollo.

PULIDO

Las piezas termoformadas de espesor grueso, se deben terminar puliendo sus bordes utilizando pulidores de banda o disco, -- cuidando de no calentar demasiado las piezas para evitar deformaciones o tensiones internas en las mismas.

TABLA 1.1 TEMPERATURAS DE TERMOFORMADO Y OTRAS PROPIEDADES TERMICAS DE MATERIALES EN LAMINA

MATERIAL	CONDICIONES DE TERMOFORMADO			TEMP. DEL NUCLEO -- ASISTENTE	TEMPERATURA DE DEFORMACION POR CALOR °C	
	TEMPERATURA DE FORMADO OPTIMA °C	MINIMA °C	TEMP. DEL MOLDE °C		a 46 Kg./cm ²	18.5 Kg/cm ²
<u>Poliestireno</u>					<u>ASTM D 648</u>	
medio impacto	140-180	120	48- 66	80-120	82- 88	68- 82
alto impacto	170-185	140	52- 66	80-120	- -	89- 93
ABS	150-178	140-160	- -	- -	77- 88	65-102
Acrílico	144-182	- -	- -	- -	100	96
PVC	140-180	92-126	40- 46	60-150	75	70- 78
Polietileno	120-190	108	50- 75	150	49	- -
Polipropileno	150-200	- -	- -	- -	- -	- -
Acetato de celulosa	132-162	100-120	50- 60	- -	82-110	55- 71
Acetato butirato de celulosa	130-160	100	- -	- -	76- 82	65- 76
Acetal	185-200	185	65- 75	- -	171	100
Poliamidas	215-250	210	- -	- -	149-183	57- 66
Policarbonato	226-246	216	76- 94	275-315	140-145	138-143

MATERIALES PLASTICOS EN LAMINA

Los materiales termoplásticos más utilizados en forma de hojas o láminas en la industria del termoformado, los podemos clasificar en cinco grandes grupos: Láminas de estireno, láminas acrílicas, láminas vinílicas, láminas de poliolefinas y láminas de celulosa.

LAMINAS DE ESTIRENO

Láminas de poliestireno de medio y alto impacto.- Estas son mezclas de polímeros de resina de poliestireno con caucho de estireno-butadieno o polímeros de injerto en los que el estireno ha sido polimerizado sobre cadenas de polibutadieno. La proporción del polibutadieno es la que le confiere su mayor o menor resistencia al impacto. Sus usos principales son en puertas, cajas y charolas de refrigerador, muebles, marcos, platos y vasos desechables, recipientes para yogurt, mantequilla, helados, etc.

Láminas de poliestireno expandido.- Estas se producen utilizando un agente físico o químico expansor en el polímero de estireno, para provocar la formación de la espuma. Su uso principal es en empaque y debido a su excelente propiedad aislante se utiliza para la fabricación de recipientes para líquidos calientes y de hieleras.

Láminas de acrilonitrilo - butadieno - estireno (ABS).- Se producen de una mezcla del copolímero de estireno-acrilonitrilo-

trilo (SAN) con polibutadieno, lo que les proporciona las siguientes propiedades: resistencia química, resistencia al calor (acrilonitrilo), resistencia al impacto, dureza y retención a bajas temperaturas (butadieno), brillantez, procesabilidad y rigidez (estireno). Sus aplicaciones principales se encaminan a la industria automotriz, de refrigeración, maletas, botes, "campers", etc.

LAMINAS ACRILICAS

Láminas acrílicas extruídas y vaciadas.- Estas láminas de polimetacrilato de metilo poseen excelentes propiedades ópticas semejantes al vidrio, excelente resistencia al impacto y a la intemperie y una buena resistencia química. Su uso más extendido es en anuncios y paneles luminosos, además en sustitución de vidrio en áreas de seguridad, muebles, cabinas de aviones y helicópteros, domos, difusores, etc.

LAMINAS VINILICAS

Lámina rígida de policloruro de vinilo (PVC).- Estas láminas poseen una excelente resistencia al impacto y aunque se obscurecen con el transcurso del tiempo, sus propiedades se ven afectadas en muy bajo grado. El rango de termoformado de este material es muy amplio y en estirados mayores al 25% se requiere de un control de temperaturas muy estrecho. Sus usos más difundidos son en recipientes pequeños y empaque.

Lámina rígida de copolímeros de vinilo.- Las láminas de copolímero de cloruro de vinilo-acetato de vinilo tienen mejor flujo y su termoformado se realiza con mayor facilidad que con las de PVC. La desventaja que presentan es que su temperatura de deformación por el calor es tan baja, que su uso es limitado, básicamente se utiliza en recipientes y envases.

LAMINAS DE POLIOLEFINAS

Láminas de polietileno.- Este material posee buenas propiedades eléctricas, excelente resistencia química, buena tenacidad y flexibilidad aún a bajas temperaturas y es de gran procesabilidad. El termoformado del polietileno se efectúa hasta una temperatura de 190°C , y puede presentar problemas de pandeo, lo que se resuelve utilizando resinas de baja fluidez. Estas láminas se usan para el termoformado de piscinas para niños, cajas, juguetes, contenedores y envases.

Láminas de polipropileno.- Estas láminas presentan buena resistencia al calor, buenas propiedades eléctricas y una excelente resistencia al impacto. Sus aplicaciones se dirigen hacia la industria automotriz, muebles y empaque.

LAMINAS DE CELULOSA

Entre este tipo de láminas se tienen las siguientes: Láminas de acetato de celulosa, propionato de celulosa, butirato de celulosa, acetato butirato de celulosa y acetato propionato -

de celulosa. Siendo de la misma familia, poseen algunas características similares, tales como alta brillantez, buena dureza y tenacidad, buena resistencia química y buenas propiedades eléctricas. Por supuesto, que su grado de procesabilidad varía, así como sus propiedades físicas, por lo que sus usos son sumamente extensos. Una de las aplicaciones más extendidas en termoformado es el de envases y recipientes de empa- - que.

El control de temperaturas en el termoformado de las láminas de celulosa es básico, ya que es muy fácil que se for--men burbujas y ampollas debido a la evaporación del plastifi-cante. Además, para evitar el opacamiento de la pieza por enfriamiento prematuro, el molde deberá estar a temperaturas en un orden de los 40 y 60 °C.

CAPITULO II

METODOS BASICOS DE TERMOFORMADO

Actualmente se conocen cuatro métodos de termoformado de láminas termoplásticas, los cuales son: Termoformado con moldes enfrentados, termoformado por deslizamiento, termoformado con soplado de aire y termoformado con vacío. Además, se tienen más de veinte modificaciones de estos métodos.

TERMOFORMADO CON MOLDES ENFRENTADOS

Este método consiste en termoformar una lámina, previamente calentada hasta su punto de ablandamiento, entre dos secciones de un molde, una sección macho y otra hembra (fig. 2.1). El formado se realiza utilizando una prensa hidráulica o neumática. Este método es el más caro debido a que se necesitan las dos secciones del molde. Los moldes se construyen de aluminio, preferentemente, debido a su conductividad térmica y están provistos de perforaciones para el escape del aire.

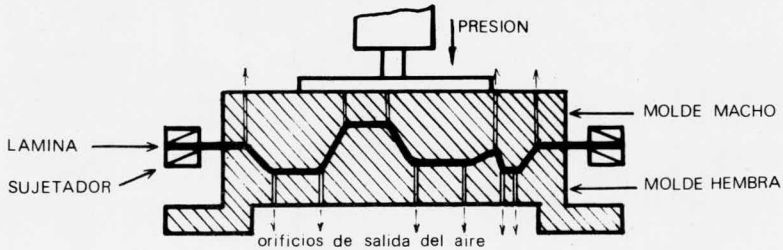


FIG. 2.1 TERMOFORMADO CON MOLDES ENFRENTADOS

TERMOFORMADO POR DESLIZAMIENTO

En este proceso, la lámina termoplástica caliente se termoforma mecánicamente alrededor de un molde macho. Se utiliza una prensa con dos plataformas móviles, una superior y otra inferior (fig. 2.2).

Inicialmente, la lámina se coloca sobre unas mordazas de presión y se calienta a la temperatura de termoformado, se retira el calentador y se cierra la prensa. La lámina retenida ligeramente puede deslizarse entre las mordazas y se acopla alrededor del molde gracias al movimiento descendente de la plataforma superior. La cantidad de deslizamiento se controla mediante la presión dirigida hacia arriba de la mordaza inferior y el área de la lámina retenida entre las mordazas. La profundidad del estirado se controla mediante bloques de detención situados a la altura deseada respecto al molde.

El termoformado por deslizamiento se emplea para evitar un adelgazamiento excesivo cuando se termoforman artículos muy profundos.

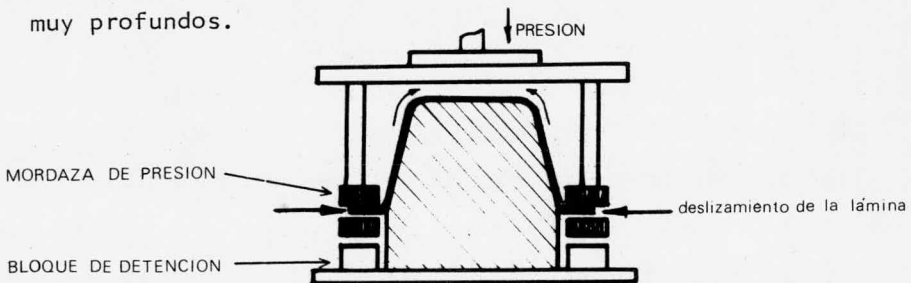


FIG. 2.2 TERMOFORMADO POR DESLIZAMIENTO

TERMOFORMADO CON SOPLADO DE AIRE

En este proceso, la lámina termoplástica caliente es soplada dentro de un molde hembra. El proceso básico se realiza colocando la lámina sobre la cavidad del molde y se calienta hasta su temperatura de termoformado. Inmediatamente se aplica aire comprimido precalentado, soplando así la lámina, la cual se acopla a la cavidad del molde. El molde deberá tener orificios para permitir la salida del aire atrapado bajo la lámina (fig. 2.3).

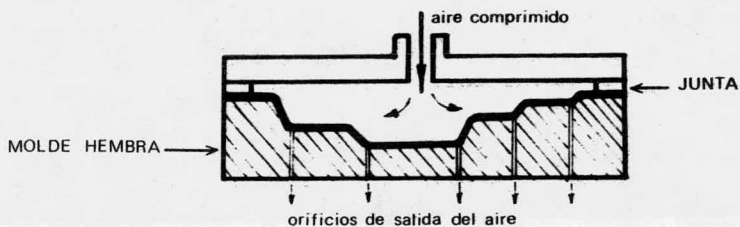


FIG. 2.3 TERMOFORMADO CON SOPLADO DE AIRE

TERMOFORMADO CON VACIO

En el termoformado con vacío, la lámina termoplástica caliente es forzada a adaptarse a los contornos de un molde utilizando vacío (fig. 2.4).

Este proceso se efectúa aplicando una presión negativa - en la cavidad del molde, la cual ha sido cerrada con la lámina caliente. El molde deberá tener los suficientes orificios para desalojar el aire encerrado en la cavidad.

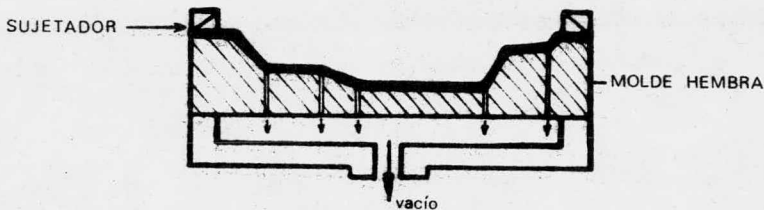


FIG. 2.4 TERMOFORMADO CON VACIO

TECNICAS MODIFICADAS DE TERMOFORMADO

TECNICAS MODIFICADAS DEL TERMOFORMADO CON MOLDES ENFRENTADOS

Técnica con un solo molde.- Esta se utiliza para el termoformado de piezas poco profundas y se reemplaza el molde macho con una lámina o saco de caucho relleno de algún líquido o con aire, el cual se presiona sobre la lámina termoplástica caliente forzándola a que adopte los contornos del molde (fig. 2.5)

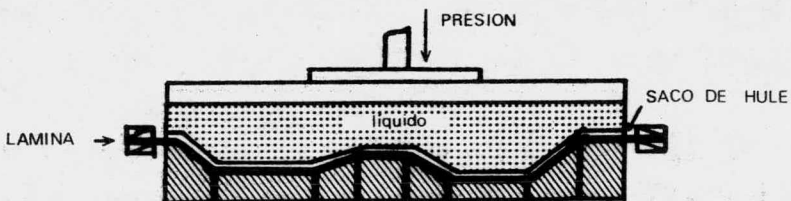


FIG. 2.5 TERMOFORMADO CON MOLDES ENFRENTADOS UTILIZANDO UN SOLO MOLDE

Técnica de núcleo asistente y marco sujetador.- En esta técnica el núcleo asistente puede tener o no una forma similar a la del artículo final. Cuando la lámina se calienta y el núcleo asistente desciende sobre ella, éste no necesita tener la forma del artículo final. En el caso de que sea el núcleo asistente el que se caliente y descienda sobre la lámina fría, entonces sí tendrá que tener la forma del artículo final. Esta última variante se aplica en el termoformado de láminas -- delgadas y de formas poco profundas (fig. 2.6).

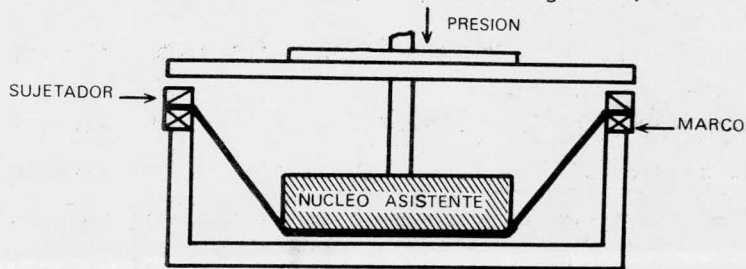


FIG. 2.6 TERMOFORMADO CON NUCLEO ASISTENTE Y MARCO SUJETADOR

TECNICAS MODIFICADAS DE TERMOFORMADO POR SOPLADO CON AIRE

Soplado directo con aire.- En la fig. 2.7 se esquematiza una máquina de soplado con aire accionada manualmente. La lámina termoplástica se coloca encima del molde hembra y se calienta con elementos de calefacción radiantes. Se coloca la cubierta sobre la lámina caliente y se cierra herméticamente. Se sopla aire precalentado a través de una entrada situada en la cubierta y se presiona la lámina sobre los contornos del molde.

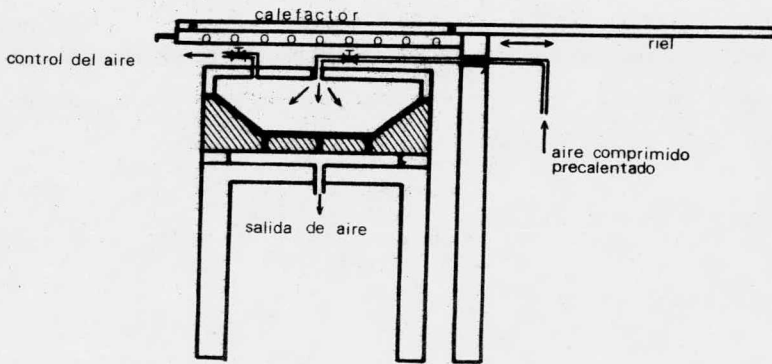


FIG. 2.7 MAQUINA MANUAL DE TERMOFORMADO CON SOPLADO DE AIRE

Soplado libre.- Esta técnica se utiliza generalmente con láminas acrílicas. La lámina se calienta y se coloca sobre la parte superior de una caja, cuyo marco puede ser circular, oval o rectangular. El aire comprimido entra en la caja y sopla en la lámina una gran burbuja. El tamaño de ésta depende del calor aplicado a la lámina y la presión ejercida. Se pueden emplear marcos, barras o varillas colocados encima de la lámina para dividir la burbuja en varias más pequeñas.

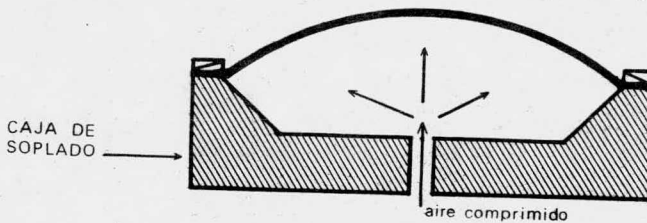


FIG. 2.8 TERMOFORMADO CON SOPLADO LIBRE

Soplado con núcleo asistente.- Esta técnica se realiza con la ayuda de una prensa. El núcleo asistente utilizado debe tener las dimensiones necesarias para empujar la lámina caliente delante de él, y tener perforaciones que permitan soplar aire a través de ellas. Cuando la prensa cierra, una junta hace un cierre hermético alrededor de los bordes de la cavidad el aire comprimido se introduce a través del núcleo asistente y se sopla la lámina contra el molde. Esta técnica se utiliza cuando la pieza es profunda y se requieren espesores mayores en el fondo de la misma (fig. 2.9).

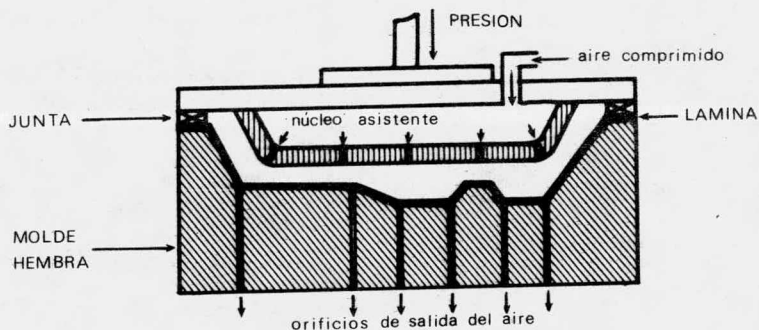
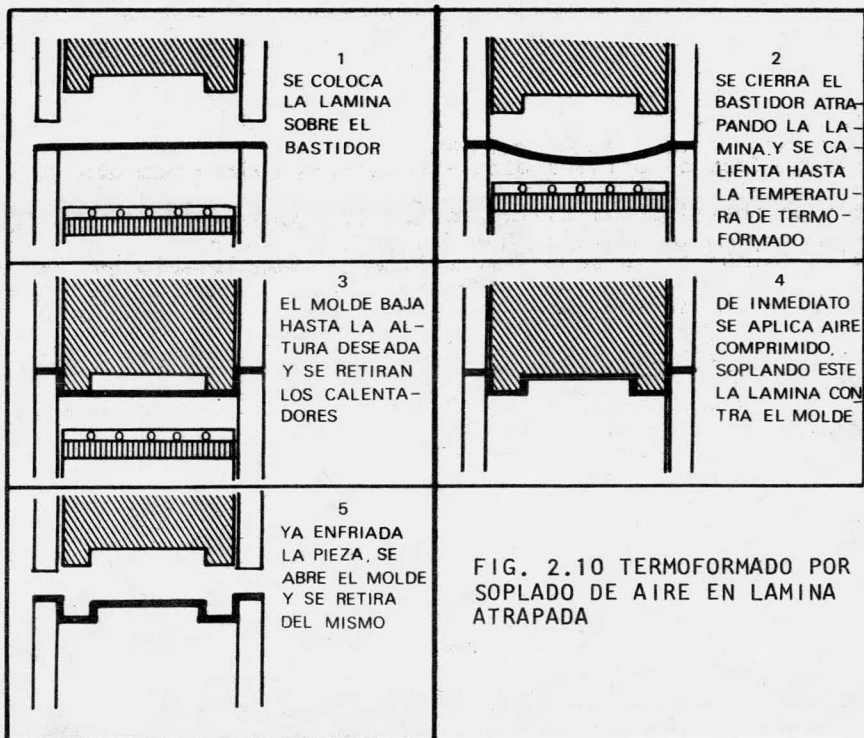


FIG. 2.9 TERMOFORMADO POR SOPLADO DE AIRE Y NUCLEO ASISTENTE.

Soplado de lámina atrapada.- Esta técnica se utiliza generalmente para fabricar tapas para envases y recipientes para alimentos. El procedimiento se ilustra en la fig. 2.10.



TECNICAS MODIFICADAS DE TERMOFORMADO CON VACIO

Termoformado directo con vacío.- Este método es muy sencillo y consiste en colocar una lámina termoplástica sobre un molde la que se sujeta mediante un bastidor, generalmente incorporado al molde para evitar que escape el aire por el espacio entre la lámina y el molde, se coloca un elemento de calefacción encima de la lámina y se calienta hasta ablandar la lámina, enseguida se retira el calentador, se conecta el vacío y la lámina se estira adaptándose al contorno del molde.

Termoformado directo con vacío en un molde hembra.- El utilizar un molde hembra permite obtener buenas reproducciones de los detalles sobre la superficie externa de los artículos termoformados. Esta técnica es aconsejable en piezas de poca profundidad, ya que el adelgazamiento en piezas profundas puede ser excesivo (fig. 2.11)

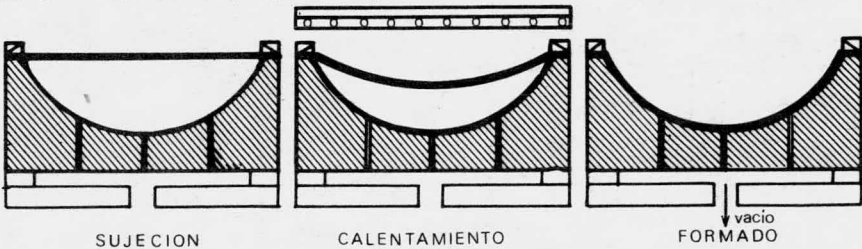


FIG. 2.11 TERMOFORMADO DIRECTO CON VACÍO EN UN MOLDE HEMBRA

Termoformado directo con vacío en un molde macho.- En este caso, se coloca el molde macho en una cámara de vacío. La característica de la pieza que se termoforme será que sus paredes serán más gruesas en la parte superior, la desventaja de este método radica en que se desperdicia mucho material al termoformar (fig. 2.12)

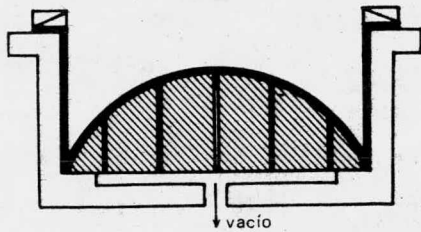


FIG. 2.12 TERMOFORMADO DIRECTO CON VACÍO EN UN MOLDE MACHO

Termoformado libre con vacío.- La lámina se sujeta sobre una cámara de vacío sin molde y se calienta. Al llegar a la temperatura de termoformado, se aplica el vacío y la lámina se estira en la cámara sin llegar a tocar las paredes de la misma, se forma una semiesfera a las dimensiones deseadas y se mantiene el vacío hasta que se enfríe. Esta técnica es similar al método de soplado libre y se emplea también en artículos donde se desea una excelente claridad óptica (fig. 2.13).

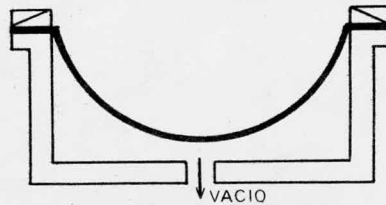


FIG. 2.13 TERMOFORMADO LIBRE CON VACIO

Termoformado con vacío y retroceso elástico.- Este método consiste en estirar una lámina termoplástica dentro de una cámara de vacío y aprovechando su elasticidad, hacer que se adapte al contorno de un molde macho. El proceso se lleva a cabo en una prensa con una plataforma móvil. Se coloca la lámina sobre una cámara de vacío, se calienta y se estira al tamaño deseado, enseguida baja el molde macho, el que al hacer contacto con la cámara, interrumpe el vacío. La lámina aún caliente, trata de volver a su estado inicial, adaptándose al contorno del molde (fig. 2.14).

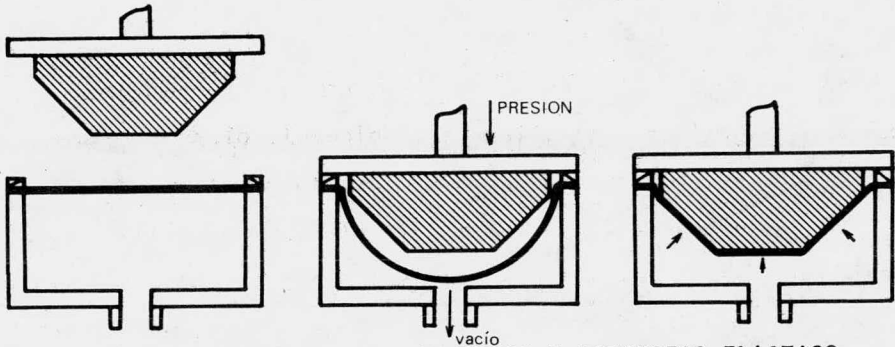


FIG. 2.14 TERMOFORMADO CON VACIO Y RETROCESO ELASTICO

Para obtener una pieza que reproduzca con más detalle los dibujos del molde, se puede utilizar un molde macho con perforaciones para aplicar vacío. (fig. 2.15).

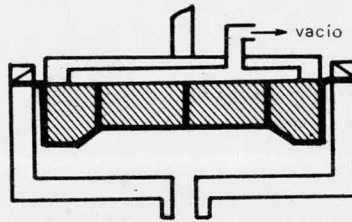


FIG. 2.15 TERMOFORMADO CON VACIO Y RETROCESO ELASTICO, APLICANDO VACIO EN EL NUCLEO ASISTENTE

Termoformado con vacío sobre un molde macho.- Este método se utiliza para fabricar piezas profundas. La lámina se coloca en un bastidor por encima de un molde macho y se calienta, al alcanzar su temperatura de termoformado, el molde asciende es tirando la lámina, enseguida se aplica el vacío. Cuando la pieza formada es demasiado profunda se presenta el problema -

de tener paredes muy gruesas en el fondo en comparación con -
paredes delgadas a los lados (fig. 2.16).

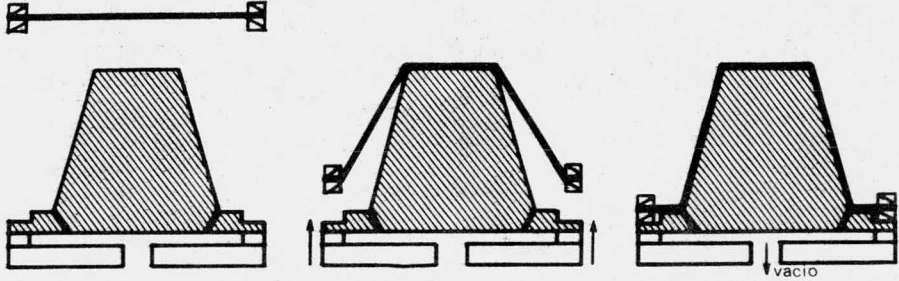


FIG. 2.16 TERMOFORMADO CON VACIO SOBRE MOLDE MACHO

Termoformado con vacío en molde hembra con núcleo asistente.
Para evitar adelgazamientos excesivos en piezas profundas, se
utiliza esta técnica, que consiste en usar un núcleo asisten-
te de forma similar a la de la cavidad, el que al descender -
preestira la lámina dentro del molde, a determinada distancia
se aplica el vacío obligando a la lámina a adaptarse a la ca-
vidad del molde (fig. 2.17).

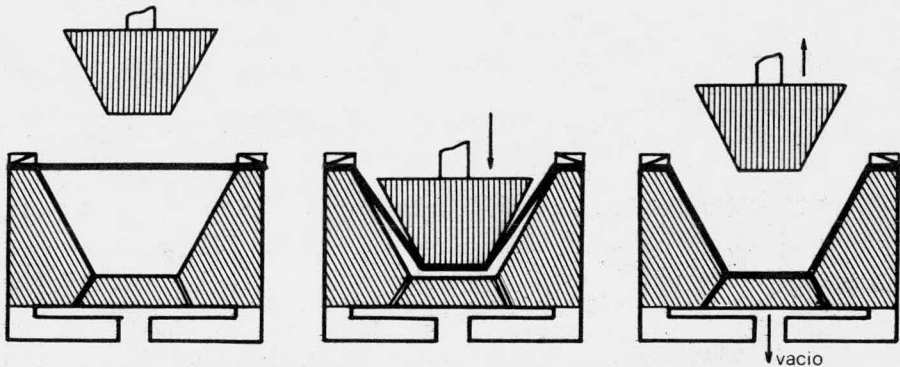


FIG. 2.17 TERMOFORMADO CON VACIO EN MOLDE HEMBRA CON NUCLEO ASISTENTE

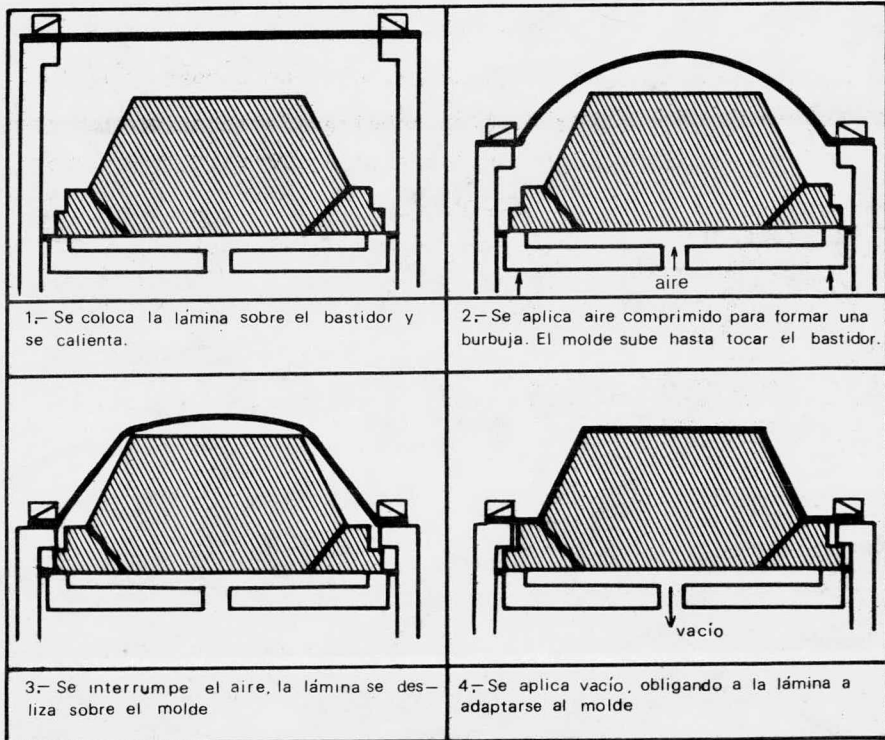


FIG. 2.18 TERMOFORMADO CON VACIO, SOPLADO DE AIRE Y DESLIZAMIENTO EN MOLDE MACHO

Termoformado con vacío, soplado de aire y deslizamiento en un molde macho.- Esta técnica consiste en estirar previamente la lámina antes de termoformarla sobre el molde macho, para ésto se utiliza aire comprimido precalentado. La lámina se coloca sobre un marco estacionario, la parte de la máquina situada - debajo del marco está cerrada, el molde se monta sobre una -- plataforma móvil cuyos lados tienen un empaque de hule y que

funciona como un pistón cuadrado en la parte cerrada. Se calienta la lámina hasta su temperatura de termoformado, se inyecta aire comprimido para formar una burbuja, enseguida sube la plataforma con el molde hasta llegar al bastidor desconectando el aire, la lámina se desliza sobre los contornos del molde, aplicándose de inmediato el vacío para lograr piezas que reproduzcan los detalles del molde con mayor precisión -- (fig. 2.18).

Termoformado con vacío y amortiguamiento de aire.- Esta técnica utiliza vacío, aire comprimido, un núcleo asistente perforado y un molde hembra. La secuencia de termoformado es la siguiente: La lámina caliente sujeta a un bastidor, baja hasta adaptarse ligeramente alrededor del molde hembra y se introduce aire comprimido para formar una burbuja, enseguida baja el núcleo asistente dentro de ella soplando a su vez aire precalentado, ésto hace que la lámina caliente se estire entre dos capas de aire en movimiento. A determinada distancia, se desconecta el aire y se aplica el vacío haciendo que la lámina se adapte al contorno del molde (fig. 2.19).

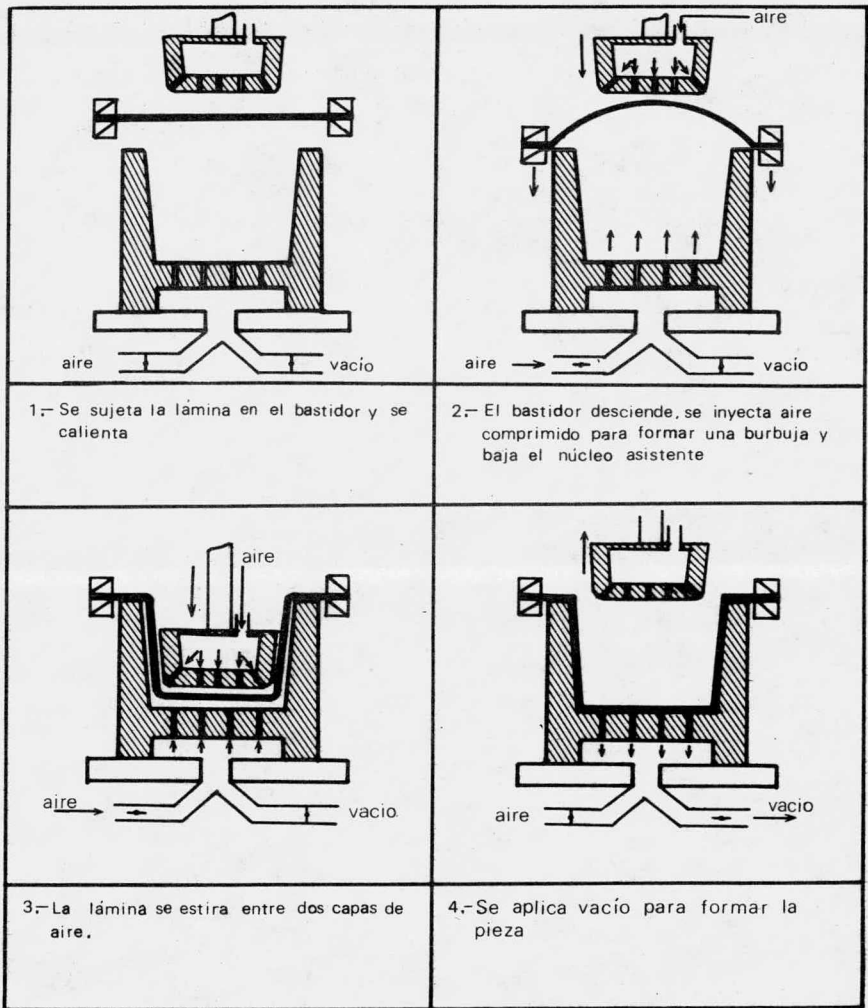


FIG. 2.19 TERMOFORMADO CON VACIO Y AMORTIGUAMIENTO DE AIRE

CAPITULO III

TERMOFORMADO CON VACIO

La maquinaria utilizada para el termoformado con vacío - de láminas termoplásticas se dividen en tres grupos: Máqui- - nas manuales, semiautomáticas y automáticas.

MAQUINAS MANUALES

En este tipo de máquinas todas las operaciones, tales co mo sujeción, calefacción, estirado con vacío, enfriamiento y retiro de la lámina formada, se regulan o ejecutan manualmen- te.

Una máquina elemental para el termoformado directo con - vacío, consiste de un calentador, un bastidor de sujeción y - una bomba de vacío con su tanque de almacenamiento. El molde se monta sobre una cámara de vacío. El equipo auxiliar con- siste en un panel de control de temperaturas para el elemento de calefacción, un sistema mecánico para ajustar la distancia entre el calentador y la lámina y un manómetro de vacío.

MAQUINAS SEMIAUTOMATICAS

En estas máquinas, la sujeción y retirada de la lámina - termoformada se efectúa manualmente. Todas las demás opera- ciones se ajustan previamente y se realizan automáticamente.

El sistema de control comprende un conjunto de microconmutadores, pirómetro para el calentador y válvulas solenoides con controles de tiempo para regular la duración del ciclo total de la calefacción del termoformado y del enfriamiento. El sistema de control está acoplado de tal manera que cada operación tenga que haber terminado antes de que pueda comenzar la siguiente.

Máquinas semiautomáticas de una sola etapa.- La mayoría de las máquinas de termoformado con vacío utilizadas actualmente son de este tipo, y tienen características que les permiten emplear varias de las técnicas de termoformado mencionadas en el capítulo anterior, así como sus modificaciones. En la fig. 3.1 se muestra un esquema de este tipo de máquina de una sola etapa.

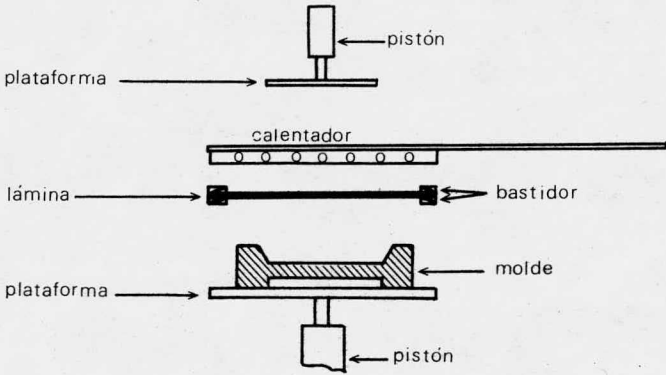


FIG. 3.1 ESQUEMA BASICO DE UNA MAQUINA DE TERMOFORMADO DE UNA ETAPA

Máquinas semiautomáticas de doble etapa.- Para elevar la producción y mejorar el empleo del calentador, se construyeron este tipo de máquinas con dos cámaras de termoformado. Un único elemento de calefacción se mueve horizontalmente entre las dos mesas y calienta una lámina mientras la otra se forma y retira (fig. 3.2).

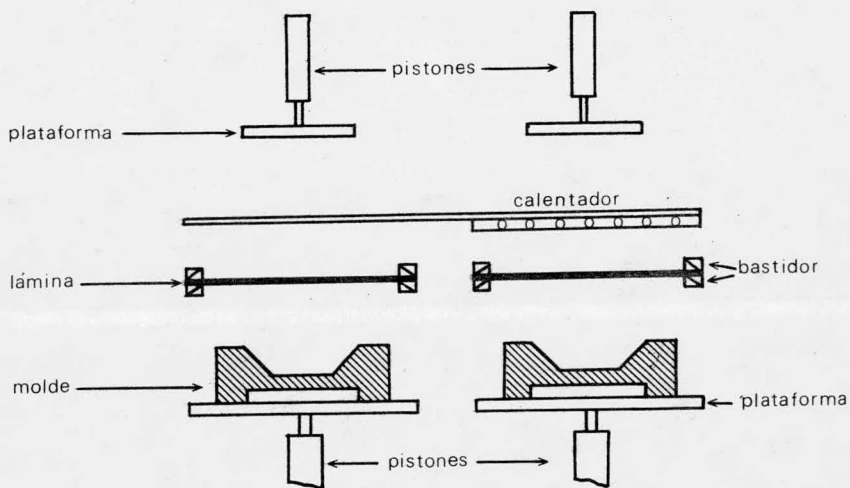


Fig. 3.2 Esquema de una máquina semiautomática de doble etapa.

Máquinas continuas semiautomáticas de múltiples etapas.- Todas las operaciones se realizan simultáneamente en varios puestos de trabajo. En la fig. 3.3 se esquematiza una vista general de una máquina con tres estaciones utilizada comúnmente en la fabricación de interiores de puerta de refrigerador.

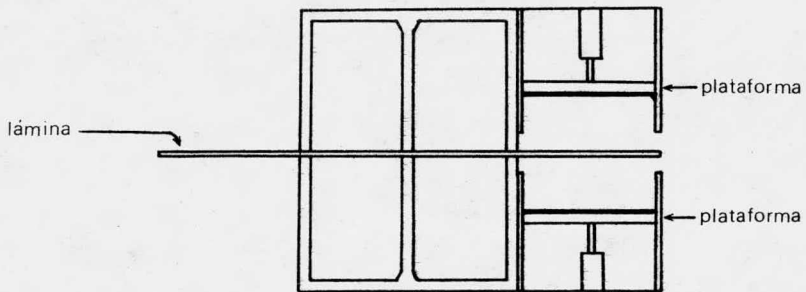
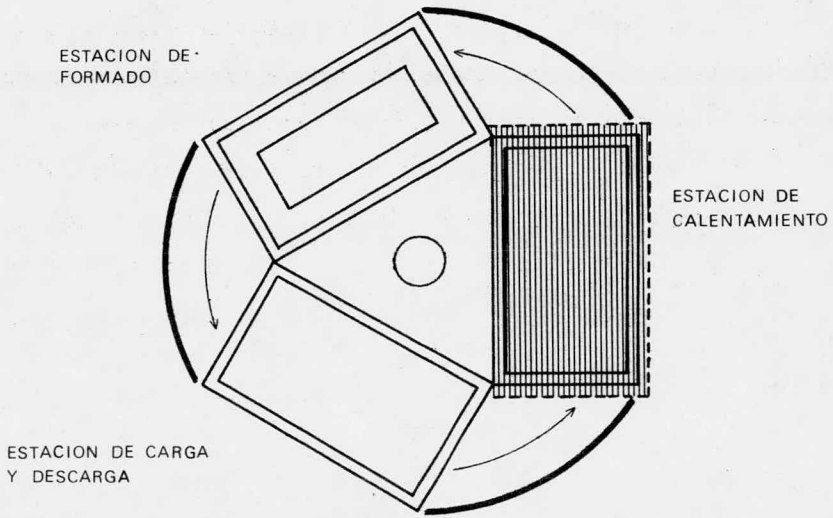


FIG. 3.3 MAQUINA SEMIAUTOMATICA DE 3 ESTACIONES

MAQUINAS AUTOMATICAS

En este tipo de máquinas, todas las operaciones son automáticas y sincronizadas y fueron desarrolladas para la producción de pequeños envases y artículos de producción en gran escala.

En general, las máquinas automáticas están diseñadas para utilizar láminas de espesores no mayores de 0.6 mm., en rollo o láminas previamente cortadas. Existen en el mercado máquinas automáticas de diferentes tipos, pero básicamente funcionan en forma similar.

Máquina automática de múltiples estaciones para recipientes pequeños.- Este tipo de máquina utiliza el método de termoformado con núcleo asistente, y funciona como sigue: La lámina se alimenta de un rollo o con láminas previamente cortadas, éstas se colocan en su posición por medio de una célula fotoeléctrica. Una vez colocada la lámina en el bastidor, éste se traslada horizontalmente pasando a una estación de calentamiento, cuyos elementos calefactores están colocados tanto en la parte superior como en la inferior. Ya reblandecida la lámina, pasa a termoformarse, lo que se realiza utilizando un núcleo asistente caliente y el molde frío. Posteriormente, pasa a troquelado donde se recorta la pieza termoformada.

ELEMENTOS DE LAS MAQUINAS DE TERMOFORMADO CON VACIO EQUIPO DE CALEFACCION

El equipo utilizado para calentar las láminas termoplásticas, generalmente, consiste de elementos radiantes calefactores. Al utilizar estos elementos, el ciclo de calentamiento se ve afectado por cuatro factores que son:

- 1) Temperatura del calentador.
- 2) Densidad de calefacción.
- 3) Espacio entre el elemento de calefacción y la lámina.
- 4) Características de absorción de energía radiante de la lámina.

Los elementos de calefacción radiantes son de tipo cinta o tubular, en paneles conductores de vidrio o alambres de resistencia de "Nichromel" embebidos en fieltro de fibra de vidrio o en tubo. El área de calefacción se extenderá unos - - 5 cm. más allá de los bastidores de sujeción de las láminas y proporcionará una radiación uniforme dentro del material.

Los alambres de resistencia "Nichromel" embebidos en vidrio proporcionan un calor uniforme, pero que no puede pasar de 370 a 425°C pues las fibras de vidrio cristalizarían a temperaturas más elevadas. Su densidad de calefacción, que define la potencia eléctrica suministrada por unidad de superficie de calefacción, es aproximadamente de 20 a 30 Kw. por metro cuadrado a la temperatura de operación. Su ciclo de ca--

lefacción es generalmente más lento que el de los calentadores de cinta.

Los calentadores de tipo cinta o tubulares tienen una vida extraordinariamente larga, ya que los elementos no están expuestos a la humedad, polvo o humos. Su densidad de calefacción depende de la distancia entre cintas o tubos en el banco calefactor. Los elementos de calefacción de cinta o tubulares se emplean en casi todas las máquinas comerciales de termoformado con vacío. La temperatura de estos elementos se ajusta previamente y se controla con un termopar unido a la superficie conectado a un milivoltímetro como indicador de temperatura y un sistema regulador de conexión y desconexión o un sistema de conmutación. En algunas máquinas continuas, la temperatura se controla mediante sistemas proporcionales de tiempo que conectan sólo durante parte del ciclo. Es difícil de mantener uniforme la temperatura de los elementos de calefacción de tipo cinta y se debe compensar el flujo de aire frío, el traslado del elemento de calefacción y el efecto de enfriamiento de los bordes. Para reducir las pérdidas por radiación durante el tiempo que no calienta la lámina, se colocan aislamientos térmicos por encima y debajo de los elementos de calefacción. Los elementos de calefacción de tipo cinta tienen la desventaja de que pierden intensidad de radiación con el tiempo y necesitan de 10 a 15 minutos para que alcancen su temperatura de trabajo.

Disposición de los elementos de calefacción, absorción de calor, conductividad y economía.- Un volante de mano unido a un mecanismo de cremallera y piñón, se emplea para ajustar la distancia entre el calentador y la lámina.

Cuando se aumenta la temperatura del calentador, un mayor porcentaje de la energía emitida se encuentra en la zona de longitudes de onda cortas que no absorbe fácilmente la plancha. Esto significa que la energía eléctrica suministrada al calentador se utiliza con menos eficiencia a temperaturas máximas que a temperaturas bajas. Sin embargo, la energía total emitida es proporcional a la cuarta potencia de la temperatura absoluta, por lo que al aumentar la temperatura del calentador, aumenta la emisión de energía en todas las longitudes de onda, dándonos como resultado que se gana en la calefacción de la lámina y se pierde en la eficiencia del calentador.

Debido a la mala conductividad de los materiales termoplásticos, será económico y eficiente el trabajar a temperaturas máximas del calentador las láminas delgadas (menos de 1.25 mm. de espesor), mientras que para láminas gruesas se calentará más lentamente para evitar degradamiento de los materiales.

SUJECION DE LA LAMINA

En todas las técnicas de termoformado con vacío, la lámina se sujeta fuertemente en un bastidor de sujeción. Los ele

mentos de sujeción, generalmente, son accionados neumáticamente y su forma vá de acuerdo a los diseños del fabricante. En la fig. 4.1 se muestran algunos sujetadores.

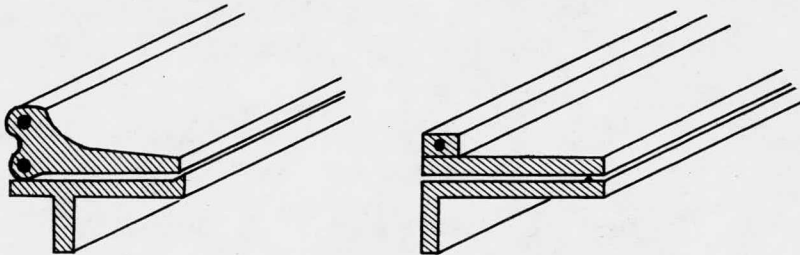


FIG. 4.1 SUJETADORES DE LAMINA

SISTEMAS DE VACIO

El aire atrapado entre el molde y la lámina tiene que -- ser evacuado rápidamente, por lo que se requiere disponer de un gran depósito de vacío, tubería de gran diámetro, válvulas de gran paso y bombas de vacío eficientes. La bomba de vacío deberá ser de gran capacidad en lugar de las de alto vacío y deberá proporcionar un vacío de unos 720 mm. de mercurio. Es estas bombas pueden ser de tipo rotatorio y de pistón, refrigeradas con agua.

El depósito de vacío tendrá una capacidad mayor que el - volumen que debe ser evacuado y junto con la bomba se proyec-

tará para obtener adecuadas velocidades de trabajo para un tamaño particular de máquina. Los sistemas de vacío que se necesitan para dos máquinas de diferente tamaño, se muestran en la tabla 4.1

TABLA 4.1 .- Sistemas de vacío.

	DIMENSIONES DEL MARCO DE SUJECION	
	<u>40 X 60 cm</u>	<u>100 X 150 cm.</u>
Depósito de vacío	38 litros	95 a 115 litros
Bomba de vacío	0.9 m ³ /min.	4.5 m ³ /min.
Motor de la bomba	2.5 H.P.	9.5 H.P.
Diámetro de tubería	5.0 cm.	7.5 cm.

COMPRESOR DE AIRE

Para una máquina mediana que trabaje por estirado, con núcleo asistente o con deslizamiento de aire se necesita un compresor que proporcione de 0.15 a 0.30 metros cúbicos/min. entre 6.0 y 7.0 Kg/cm². Para la técnica de conformado con presión se necesitará un mayor volumen de aire comprimido. Se recomienda proyectar compresores con capacidad de sobra, ya que además se utiliza aire comprimido para retirar artículos formados del molde y ayudar al enfriamiento de éstos.

MOLDES

La construcción del molde a utilizar depende de las ca--

racterísticas del artículo deseado, forma, detalles, cantidad a producir, material a utilizar, etc.

Molde macho y molde hembra.- Al termoformar artículos en un solo molde, los detalles se reproducen en el lado de la plancha que entra en contacto con el molde. Por lo tanto, la localización de los detalles finos determina a menudo si se debe emplear un molde hembra o un molde macho. Los moldes hembra son adecuados para la reproducción de detalles finos en la parte exterior del artículo termoformado. Los moldes macho se emplean para la reproducción de detalles finos en el interior de la pieza termoformada, además de que se pulen con más facilidad que la cavidad de un molde hembra. Cuando se emplea un molde de múltiples cavidades se prefiere un molde hembra, ya que existe menor posibilidad de "plegado" de la lámina, y las cavidades pueden estar más juntas.

Profundidad de estirado.- La profundidad de estirado que se puede dar a la lámina es un factor primordial que controla el espesor final de la pared del artículo termoformado. Esta profundidad indica qué técnica de termoformado es mejor utilizar. El grado de estirado se caracteriza por la relación de H (altura o profundidad) a W (ancho) como se ilustra en la fig. 4.2

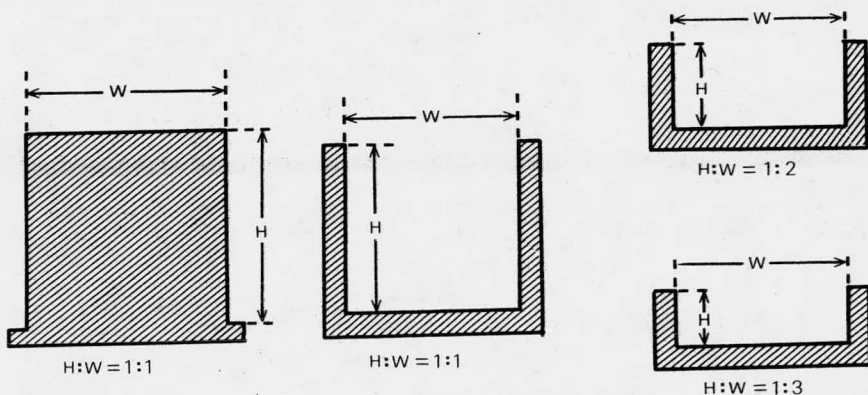


FIG. 4.2 DIFERENTES RELACIONES DE ESTIRADO

En el termoformado directo con vacío en una cavidad hembra, la profundidad de estirado no excederá a la mitad del ancho de la cavidad. Para el termoformado por estirado sobre un molde macho, la relación de altura a ancho será de 1:1 o menor. Utilizando núcleo asistente con deslizamiento de aire esta relación puede ser mayor que 1:1.

Orificios y ranuras de vacío.- Es necesario el tener una adecuada evacuación de aire para conseguir un espesor uniforme de pared, además de que de esta forma se contribuye a mejorar el flujo del material en la dirección deseada. En general, es necesaria una evacuación intensa en las esquinas y zonas profundas para asegurar que la lámina se adapte a su contorno.

El diámetro de las perforaciones varía de acuerdo a la pieza que se termoforme.

Radios y ángulos.- Los artículos con esquinas agudas pueden ser termoformados pero se tratarán de evitar siempre que sea posible y los radios se mantendrán tan grandes como el diseño del artículo lo permita. En la mayoría de los casos, el radio mínimo es igual al espesor original de la lámina. Los dobles agudos, esquinas, muescas y rayas en la sección transversal del molde, darán una excesiva concentración de esfuerzos y reducirán la resistencia del material. Los ángulos rectos se evitarán. En general para moldes hembra se permiten $1/2$ ó 1 grado de ángulo de salida, ya que el material se contraerá separándose del molde. En un molde macho, el ángulo de salida deberá tener cuando menos 2 ó 3 grados, ya que el material tiende a contraerse sobre el molde. Fig. 4.3

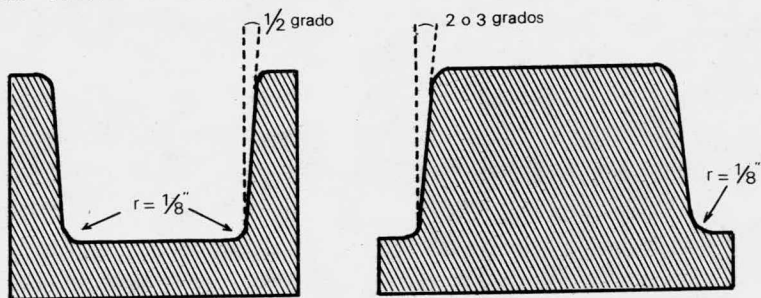


FIG. 4.3 RADIOS Y ANGULOS DE SALIDA PARA MOLDES MACHOS Y HEMBRAS

Costillas.- Para aumentar la rigidez de un artículo se recomienda proyectar costillas o filetes en el diseño. Mediante un adecuado diseño se puede utilizar lámina con menor espesor, lo que conduce a abatir costos de material y ciclos de producción.

Resaltes.- Es posible termoformar piezas con resaltes, siempre y cuando éstos puedan ser retirados o ser movibles para que permitan la salida de la pieza, tal y como se muestra en la fig. 4.4

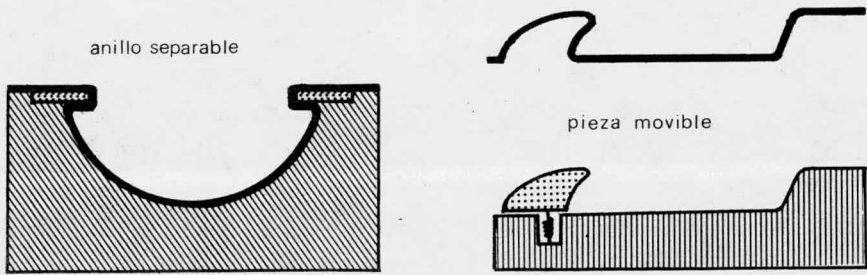


FIG. 4.4 MOLDES CON RESALTES

Inserciones.- Las inserciones estructurales, tales como cintas o varillas metálicas, pueden formar una parte integral del artículo moldeado colocándolos en el molde y termoformando la lámina alrededor de ellos. En la fig. 4.5 se muestra -

este tipo de reforzamiento.

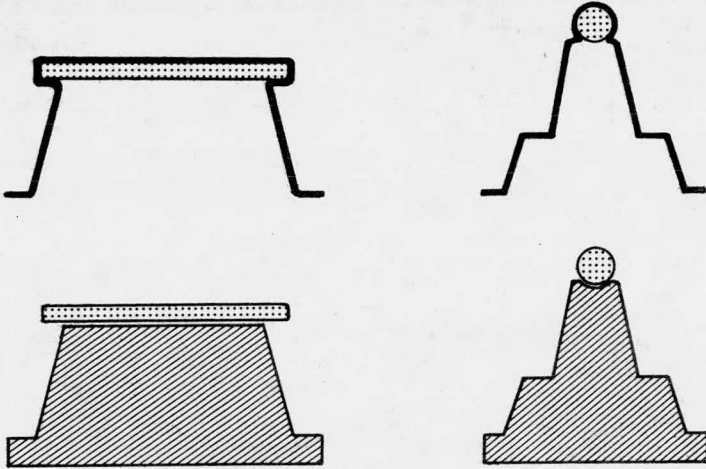


FIG. 4.5 INSERCIÓN PERMANENTE

Enfriamiento y calentamiento.- Para acelerar el ciclo de termoformado, generalmente se emplean controles de temperatura en el molde. Estas unidades de control constan de un depósito de agua calentado eléctricamente, controlado por un termómetro, y una bomba de circulación de agua. En el molde se insertan unos serpentines por donde se hará circular el agua a la temperatura deseada. Otra forma de calentar el molde es insertándole elementos de calefacción de tipo cartucho. En la fig. 4.6 se muestra un sistema de control de temperatura en un molde.

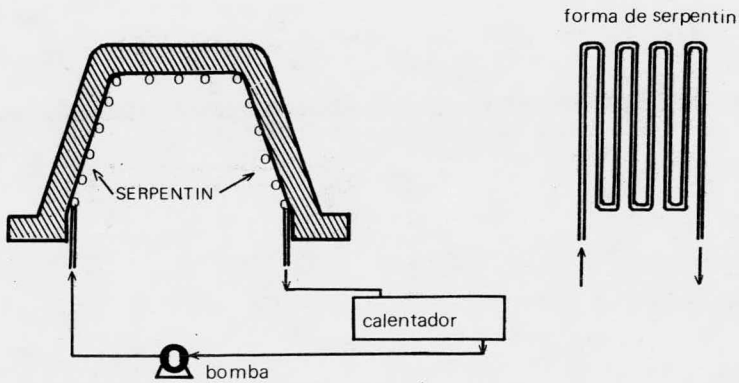


FIG. 4.6 CONTROL DE TEMPERATURA DEL MOLDE

Materiales del molde.- Los materiales utilizados en la construcción de moldes para termoformado con vacío son muy variados, ya que al trabajar a bajas presiones no se requieren altas resistencias mecánicas de los materiales. La elección del material adecuado depende básicamente de la calidad y cantidad de los artículos que se vayan a producir con dicho molde.

Moldes para series cortas.- Para series cortas de producción o experimentales, se pueden emplear moldes de yeso o de maderas duras. En el caso de utilizar maderas duras, éstas deberán secarse en una estufa y el molde se construirá de tal manera que la dirección del grano sea paralela al ser unido, esto se hace para evitar diferencias de contracción por temperatura. El utilizar yeso nos dá las ventajas siguientes: Bajo

costo del molde, facilidad de fabricación del molde y rapidez de endurecimiento a temperatura ambiente. En ambos casos, madera o yeso, para mejorar el acabado de la superficie y aumentar la resistencia al desgaste, se recomienda recubrir el molde con resina epóxica y después pulirlo.

Moldes para series medianas.- Para series medianas de producción, se utilizan moldes contruídos con resinas fenólicas, resinas epóxicas con carga y resinas furánicas. Estos materiales se caracterizan por su buena estabilidad dimensional y su buena resistencia a la abrasión, además de que pueden tener superficies altamente pulidas. El problema con estos materiales es que son malos conductores de calor, por lo que para obtener ciclos rápidos de producción es necesario recurrir a enfriamiento con aire comprimido directamente sobre el molde.

Moldes de empleo permanente.- Para series largas de producción se emplean moldes metálicos, de preferencia de aleaciones de aluminio o magnesio, ya que son buenos conductores del calor, además de que son relativamente fáciles de fundir. Estos moldes pueden ser colados por gravedad o por presión en premoldes de arena o yeso. Un molde colado por presión es más caro, pero permite obtener un molde que requerirá menor acabado y pulido.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- * Para la fabricación de piezas grandes, el costo de los moldes de termoformado en comparación a los utilizados en el proceso de inyección están en una relación de 25 a 1 aproximadamente. Como consecuencia se tendrán menores costos de producción, -- aún cuando se requiere de un proceso intermedio como es el de extrusión de la lámina termoplástica; además la relación de - amortización del molde en términos de cantidad de piezas producidas es de 10 a 1 como mínimo.
- * Cuando se necesitan fabricar piezas con dimensiones o geome-- trias especiales (muy profundas, de gran área, con espesores delgados), en el proceso de termoformado es relativamente sen cillo el moldearlas, en cambio en el proceso de inyección se tendría que utilizar el método de "colada caliente".
- * El método de termoformado con vacío es el más versátil, con - menores costos de producción y como consecuencia el de mayor proyección. Además, es el más adecuado para la utilización - de insertos y resaltes.
- * Los materiales de mayor uso en la actualidad en el mercado na cional, son las láminas de copolímeros de estireno, básicamenu

te por sus excelentes propiedades mecánicas y térmicas que -- las hacen de gran demanda en la industria de refrigeración y de envases desechables.

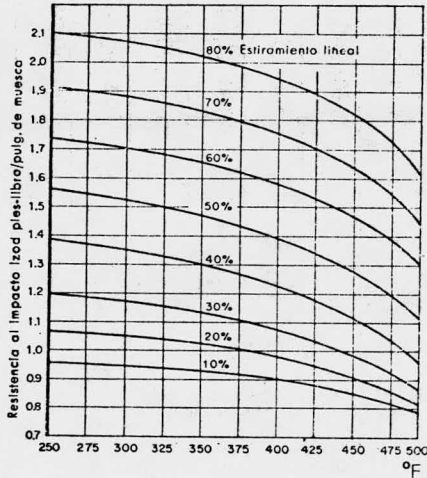
- * Para un nivel industrial con altas producciones, es recomendable el utilizar máquinas de múltiples estaciones. Dentro de este tipo de máquinas, se tienen las de cuatro estaciones que permiten obtener una mayor productividad.
- * Es indispensable el tener un control muy estrecho de temperaturas en todas las etapas de operación.
- * Definitivamente es recomendable utilizar moldes de aluminio o de magnesio, por su excelente conductividad térmica, además - de que permiten producciones en gran escala.
- * Para efectos de prueba es factible utilizar moldes de yeso o madera, los cuales saldrán a bajo costo. Para producciones - medianas se recomiendan los moldes de resinas epóxicas, fenólicas o furánicas.
- * Para evitar adelgazamientos excesivos en las piezas profundas se recomienda que la relación H:W (altura : ancho) de los moldes no exceda de 1:1
- * Se recomienda instalar un sistema de control de temperatura - en los moldes para mejorar los ciclos de producción y mantener lo más estable posible las condiciones de operación.

* Debido al rápido desarrollo que ha tenido en los últimos años la técnica de termoformado de láminas termoplásticas, los avances se han logrado en base a aproximaciones empíricas en vez de a análisis ingenieriles profundos, por lo que sería interésante que dentro de los objetivos de futuros estudios se trataran de determinar las velocidades de calentamiento por radiación a partir de las propiedades de la lámina termoplástica, estimar los ciclos de enfriamiento basándose en los datos de transmisión de calor y relajación de esfuerzos, determinar el grado de adelgazamiento de una lámina en relación al diseño del molde y a las condiciones del mismo y diseñar el artículo y el molde para obtener una resistencia final óptima, estabilidad dimensional y otras propiedades deseables.

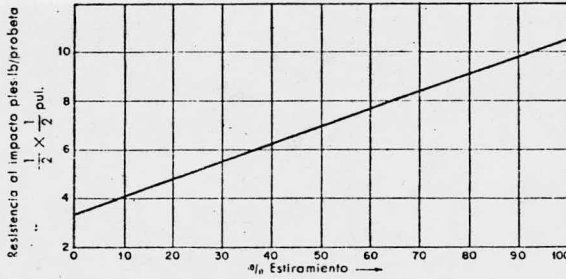
A P E N D I C E

PROPIEDADES	ABS	ACRILICO	ACETATO DE CELULOSA	ACETATO BUTIRATO DE CELULOSA
Peso específico	1.02-1.06	1.17-1.2	1.28-1.32	1.15-1.22
Resist. a la tensión, psi	2500-8000	8000-11000	4500-8000	2600-6900
Elongación %	20-100	2-7	20-50	50-100
Resist. a la compresión, psi	5200-10200	11000-19000		
Resist. a la flexión psi	4000-14000	12000-17000	6000-10000	4000-9000
Resist. al impacto Izod, $\frac{\text{pie lb}}{\text{pulg}}$	2.5-12	0.3-0.4		
Dureza, Rockwell	R75-115	M80-M100	R85-R120	R30-R115
Módulo de flexión, $10^5 \text{ psi, } 73^\circ\text{F}$	1.3-4.2	3.9-4.75		
Módulo de tensión, 10^5 psi	1.3-3.8	3.5-4.5	3.0-6.0	2.0-2.5
Expansión térmica, $10^5 \text{ pulg/pulg/}^\circ\text{C}$	6-13	5-9	10-15	11-17
Temperatura de deflexión, $^\circ\text{F}$ a 264 psi a 66 psi	170-225 170-235	160-215 165-235		
Absorción de agua 24 hrs. %	0.2-0.45	0.2-0.4	2.0-7.0	0.9-2.2

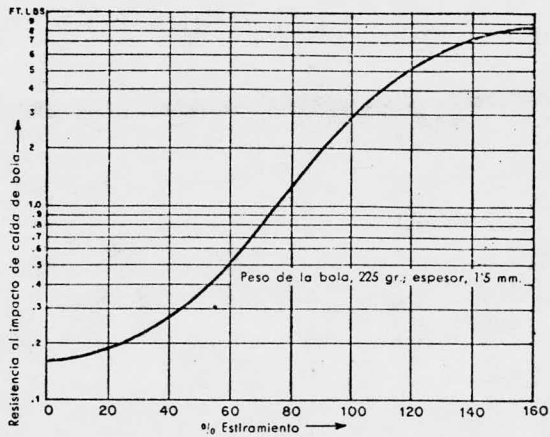
PROPIEDADES	POLIETILENO		POLIPROPILENO	POLIESTIRENO
	Baja densidad	Alta densidad		
Peso específico	0.910-0.925	0.941-0.965	0.890-0.905	1.04-1.10
Resist. a la tensión, PSI	600-2300	3100-5500	2900-4500	1500-7000
Elongación %	90-800	20-1300	200-700	2-90
Resist. a la compresión, psi		2700-3600	3700-8000	4000-9000
Resist. a la flexión, psi			5000-7000	3000-12000
Resist. al impacto Izod, pie lb/pulg	No se rompe	0.5-20.0	1.1-20.0	0.5-8.0
Dureza, Rockwell	D41-D50	D60-D70	R50-96	R30-100
Módulo de flexión, 10^5 psi, a 73°F	0.08-0.60	1.0-2.6	1.3-2.0	1.5-4.6
Módulo de tensión, 10^5 psi	0.14-0.38	0.6-1.8	1.0-1.7	1.4-5.0
Expansión térmica 10^5 pulg/pulg/°C	10-22	11-13	8.0-9.5	3.4-21
Temperatura de deflexión: °F	a 264 psi a 66 psi	90-105 100-121	110-130 140-190	115-140 185-235
Absorción de agua, 24 hrs %	0.01	0.01	0.01-0.03	0.05-0.60



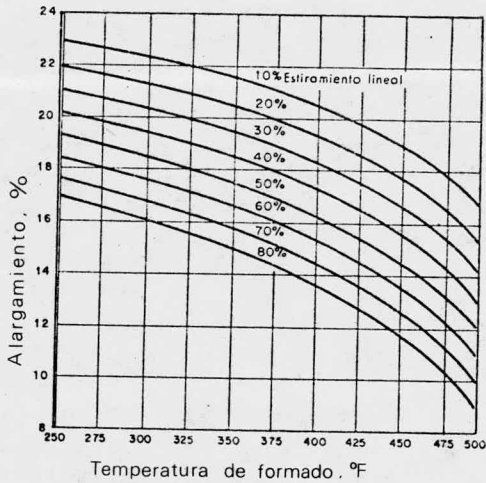
Influencia del estiramiento biaxial para diferentes temperaturas de formado sobre la resistencia al impacto izod de láminas de poliestireno de alto impacto.



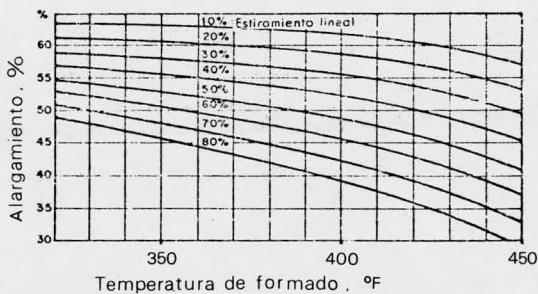
Influencia del estirado sobre la resistencia al impacto Sharp de láminas acrílicas.



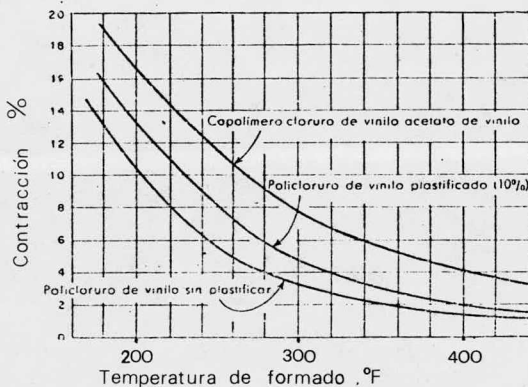
Influencia del estirado sobre la resistencia al impacto de -- caída de bola de láminas acrílicas.



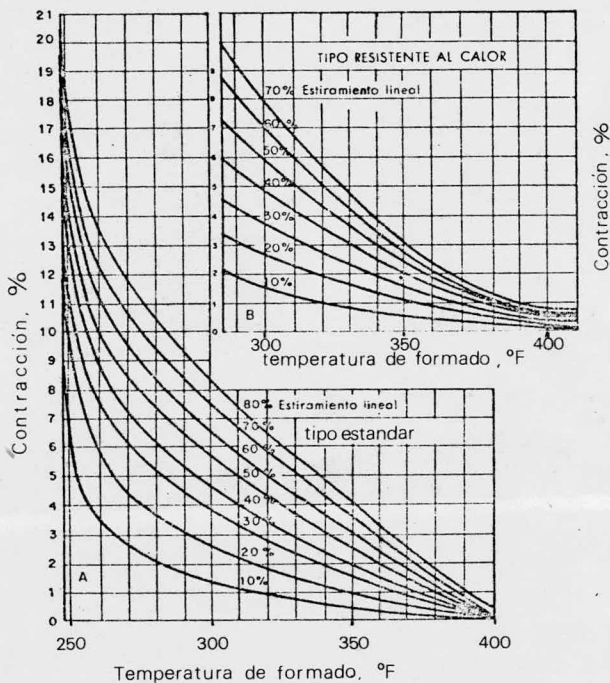
Influencia del estiramiento biaxial a diferentes temperaturas de formado sobre el alargamiento total de láminas de poliestireno de alto impacto.



Influencia del estiramiento biaxial para diferentes temperaturas de formado sobre el alargamiento total de láminas de ABS.

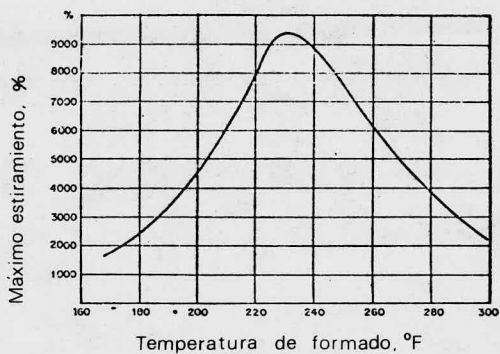


Influencia del estiramiento biaxial (20 a 25%) sobre la estabilidad dimensional de láminas rígidas de vinilo. Contracción después de 100 horas de exposición a 74°C.



Influencia del estiramiento biaxial a diferentes temperaturas de formado sobre la estabilidad dimensional de láminas de poliestireno de alto impacto.

- A.- Contracción de lámina normal después de 100 hrs. de exposición a 74 C.
- B.- Contracción de lámina resistente al calor después de - 100 hrs. de exposición a 85 C.



Influencia de la temperatura de formado sobre el máximo estiramiento de una lámina de poliestireno de alto impacto.

BIBLIOGRAFIA

- 1 .- Aldington, E, T.
"Trapped Sheet Forming"
Modern Plastics, pag. 117 (Marzo 1956)
McGraw Hill, Inc.
New York, U.S.A.
- 2 .- Anónimo
"Molds for Vacuum Forming"
Modern Plastics, pag. 124 (Marzo 1955)
McGraw Hill, Inc.
New York, U.S.A.
- 3 .- Anónimo
"Progress Report on Sheet Thermoforming"
Modern Plastics, pag. 107 (Marzo 1957)
McGraw Hill, Inc.
New York, U.S.A.
- 4 .- Cable, J. W.
"Induction and Dielectric Heating"
Reinhold Publishing Corp.
New York, U.S.A. 1954
- 5 .- Carslaw, H. S. Y Jaeger, J. C.
"Conduction of Heat in Solids"
Oxford University Press
New York, U.S.A. 1947
- 6 .- Guide to Plastics '78
McGraw Hill, Inc.
New York, U.S.A. 1977
- 7 .- Hoy, J, M.
"Vacuum Forming of Polystyrene Sheet"
SPE Journal, pag. 9 (Enero 1954)
- 8 .- Luicous y Church
"Recetas para Moldear Plásticos y Resinas Plásticas - For
mulación y Moldeo"
C.E.C.S.A.
- 9 .- Matulat, G.
"Progress in Forming Thermoplastic Materials"
Kunststoffe, Vol. 47 pag. 291 (1957)

- 10.- Modern Plastics Encyclopedia 1978 - 79
Volumen 55 No. 10 - A
McGraw Hill, Inc.
New York, U.S.A
- 11.- Pierson, O. L.
"Forming Sharper Thicker Corners"
Modern Plastics, pag. 152 (Noviembre 1957)
McGraw Hill, Inc.
New York, U.S.A.
- 12.- Simonds
"The encyclopedia of Plastic Equipment"
Reinhold Publishing, Corp.
New York, U.S.A.
- 13.- Stratton, B.
"Blister, Skin and Snap Packaging"
Kunststoffe, Vol. 48 pag. 68 (1958)
- 14.- Swanson, R. S.
"Plastics Technology - Basic Material and Processes"
McKnight and McKnight Publishing Co.
Bloomington, Ill., U.S.A. 1965