

# Los Materiales Plásticos y sus Aplicaciones en la Industria

POR ENRIQUE E. KRAG

## Introducción

Tratemos primero de formarnos una idea clara del significado de la palabra "plástico". Llámase plástico a todo aquello que posee plasticidad, es decir, a todo lo que puede ser deformado por la acción de una fuerza exterior sin perder su coherencia y que sea capaz de retener la nueva forma permanentemente.

Los compuestos vulgarmente llamados plásticos en la industria, han merecido este nombre porque durante algún proceso de su manufactura pasan por un estado plástico. Es evidente que los compuestos que a la temperatura ambiente tienen una constitución plástica, generalmente no pueden formar artículos moldeados útiles.

## División

Las materias plásticas las podemos dividir en tres grupos, según su origen:

Materias Plásticas derivadas de productos naturales:	Resinas Vegetales Goma Natural Seda Natural Gomalaca etc.
Materias Plásticas derivadas de la celulosa	Nitrato de Celulosa Acetato de Celulosa Butirato de Celulosa Etil Celulosa etc.

Materias Plásticas preparadas por vía sintética (resinas sintéticas):

	Fenol Formaldehido
	Urea Formaldehido
	Melamina Formaldehido
	Polistireno
	Los Viniles
	etc.

Dado el carácter general de este estudio, nos limitaremos únicamente a las materias plásticas derivadas de la celulosa y a las preparadas por vía sintética (resinas sintéticas).

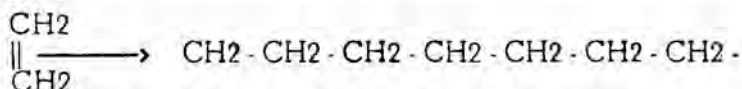
**Conceptos generales sobre las reacciones de polimerización y de condensación. Materias termoplásticas y termofraguantes**

Los plásticos, químicamente llamados "compuestos poliméricos", son compuestos amorfos, de elevado peso molecular, formados por largas cadenas de moléculas. En la síntesis de estos compuestos poliméricos no son seguidos los mismos procedimientos que comúnmente se emplean en la síntesis química, ya que en este caso es necesario hacer que la reacción prosiga en una forma tal, que dé lugar, en una sola operación, a largas cadenas de moléculas.

Para formar una larga cadena de moléculas (un polímero lineal), es necesario que la molécula inicial (el monómero), esté en condiciones de reaccionar por lo menos con otras dos moléculas. Estas moléculas han sido designadas por el doctor Carother (uno de los descubridores del "Nylon"), "moléculas bifuncionales".

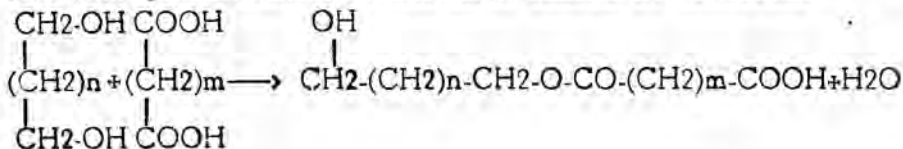
Estas moléculas bifuncionales pueden ligarse a otras dos sin cambiar su constitución química, dando lugar a un polímero lineal, por medio de las reacciones de "polimerización".

Ejemplo: El etileno es una molécula bifuncional ya que puede abrir su doble ligadura para ligarse con otras moléculas de etileno y formar por polimerización una larga cadena de moléculas, el poli-etileno.



Las moléculas bifuncionales pueden también ligarse con otras dos cambiando su constitución química, eliminando agua u otras sustancias y formando polímeros lineales por medio de las reacciones de "condensación".

Ejemplo: Un alcohol dibásico y un ácido dibásico, son moléculas bifuncionales capaces de reaccionar entre sí eliminando agua y formando por condensación una larga cadena de moléculas.



Estos polímeros lineales pueden tener a la temperatura ambiente una constitución rígida, blanda o líquida, dependiendo ello en parte de la longitud de las moléculas. Pueden también tener una constitución semejante a la goma, y entre estos se incluye la serie de los cauchos sintéticos.

En este estudio nos limitaremos solamente a los compuestos de consistencia rígida a la temperatura ambiente.

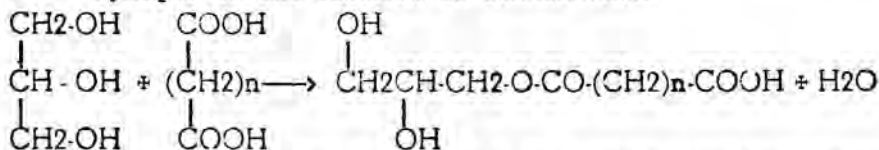
Estas largas cadenas de moléculas individuales están en constante movimiento browniano debido a la energía cinética que poseen. Aumentando esta energía cinética, entregando calor al compuesto, es posible ablandarlo y a veces hasta transformarlo en un líquido. Disminuyendo nuevamente la energía cinética de las moléculas, enfriando el compuesto, volveremos a obtener un cuerpo rígido. Si por otro lado sometemos este polímero lineal a la acción de un solvente adecuado, éste penetrará entre las cadenas de moléculas separándolas hasta llevarlas en solución.

A estos compuestos, formados por largas cadenas individuales de moléculas, que pueden ser ablandados por el calor y vueltos a ser endurecidos por el frío, que pueden ser disueltos en adecuados solventes, se ha dado el nombre de materias "termoplásticas".

Si ahora en vez de comenzar con una molécula bifuncional, comenzamos con una molécula tri, tetra, o poli funcional, es decir, una molécula que sea capaz de reaccionar con otras tres, cuatro, o más moléculas vecinas, habremos dado lugar a un polímero tri, tetra, o poli dimensional.

Las reacciones, igual que en el caso de las moléculas bifuncionales, pueden ser de polimerización o de condensación.

Ejemplo de una reacción de condensación:



Aquí hemos hecho reaccionar a la glicerina, molécula trifuncional, con un ácido dibásico cualquiera, molécula bifuncional. Como resultado de la condensación hemos obtenido una cadena con un grupo oxidrilo en un extremo y un grupo ácido en el otro, ambos grupos capaces de reaccionar con otras moléculas de ácido dibásico y glicerina respectivamente, para proseguir la condensación. Existe además un grupo oxidrilo en el medio de la cadena, capaz de reaccionar por condensación con otro similar de otra cadena contigua y formar así un polímero tridimensional.

Estos polímeros tridimensionales pueden ser considerados como una sola molécula gigante. No pueden ser ablandados por el calor ni ser llevados en solución por medio de disolventes, y constitu-

yen las llamadas materias plásticas "termofraguantes" (thermosetting).

### Cinética de las reacciones de polimerización

El proceso físico-químico de la polimerización está basado sobre teorías de la mecánica de los cuantos. Entre estas teorías, una de las más aceptadas es la que se basa en la formación de "núcleos de polimerización".

Una molécula "inactiva" puede ser activada absorbiendo un quantum de luz, o también, mecánicamente hablando, por medio de una colisión con otra molécula, transformándose con ésto en una molécula "activa", capaz de reaccionar.

Estas moléculas activadas, obran como "núcleos de polimerización", reaccionando con las moléculas vecinas capaces de tal reacción y formando moléculas dobles que siguen activadas y pueden proseguir la reacción.

Las moléculas activadas proseguirán la reacción hasta que se produzca el choque de las mismas, (1) con las paredes del recipiente que las contiene, (2) con otra molécula activada, o (3) con una molécula extraña. Es generalmente por este último procedimiento que se controlan las reacciones de polimerización en la práctica, agregando cuerpos extraños que, por así decir, detienen el crecimiento de las moléculas.

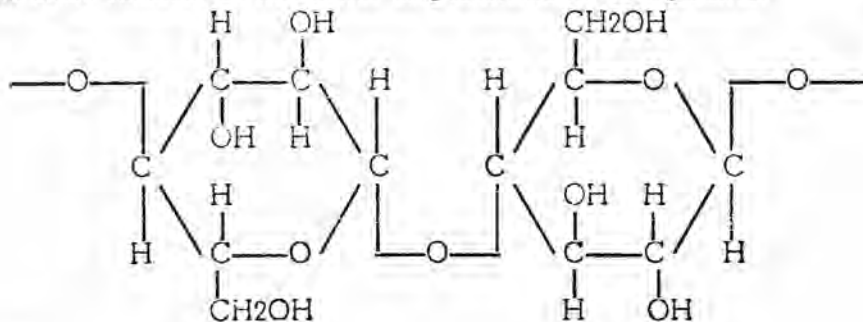
### Descripción y constitución química de algunas de las materias plásticas más conocidas

Tratemos ahora en líneas generales algunas de las materias plásticas más conocidas en la industria, dando su constitución química y sus propiedades más destacadas.

#### Materias plásticas termoplásticas

Comencemos la descripción con las materias termoplásticas derivadas de la celulosa.

La celulosa como tal, es un compuesto infusible, insoluble, formado por largas cadenas de moléculas. La fórmula química de una de estas cadenas de moléculas es posiblemente la siguiente:



Los tres grupos oxidrilos (OH) disponibles sobre cada grupo glucócido, permiten las reacciones de la celulosa con ácidos inorgánicos, para dar lugar a compuestos solubles, los ésteres de la celulosa.

Si usamos el ácido nítrico, obtendremos el "Nitrato de Celulosa", comercialmente conocido bajo los nombres de "Celuloide", "Nitron", etc.

Si usamos el ácido acético, obtendremos el "Acetato de Celulosa", comercialmente conocido bajo los nombres de "Fibestos", "Trolit", etc.

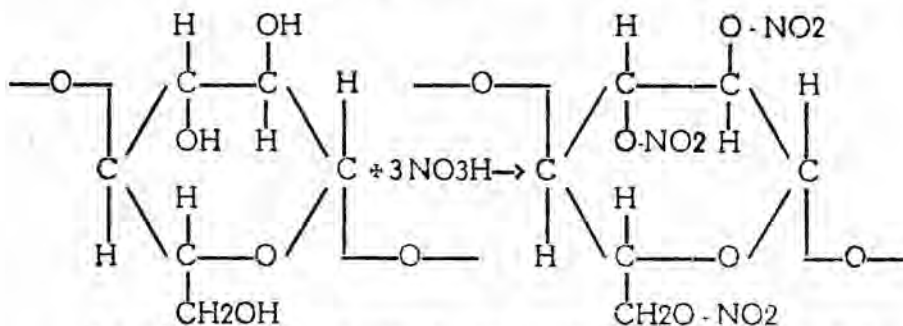
Empleando los ácidos acético y butírico, resultará el "Acetato-Butirato de Celulosa", comercialmente conocido bajo el nombre de "Tenite 11".

Dado, pues, que la celulosa está formada por largas cadenas de moléculas, los ésteres solubles estarán también formados por largas cadenas de moléculas, es decir, serán compuestos con características termoplásticas.

De acuerdo con lo ya expresado anteriormente, los compuestos plásticos termoplásticos, pueden ser ablandados mediante el agregado de adecuados solventes, de modo que variando la concentración del solvente se podría preparar compuestos del grado de rigidez que se deseara. Ahora bien, como los solventes ordinarios son sustancias relativamente volátiles, evaporarían rápidamente, transformando el compuesto nuevamente en un cuerpo rígido; esto, para no hablar de la contracción física que tal evaporación produciría. Es pues necesario que el solvente empleado, además de ser solvente del compuesto, tenga un elevado peso molecular, o lo que es equivalente, sea de baja volatilidad. A este tipo de solventes se ha dado el nombre de "plastificantes", y se incorporan a casi todas las materias plásticas termoplásticas, en concentraciones variables de acuerdo al grado de rigidez que se desee obtener.

### **1.—Nitrato de celulosa**

La celulosa es nitrada por medio de ácido nítrico en presencia de ácido sulfúrico. La celulosa completamente nitrada contiene 14,15 por ciento de nitrógeno. Este es un valor teórico, ya que el máximo grado de nitración logrado en la práctica es 13,90 por ciento, y constituye el algodón pólvora. El 11,5 - 12,3 por ciento es el contenido de nitrógeno usado para esmaltes y barnices, y el 11 por ciento es lo que se usa para la fabricación de plásticos. Es evidente la inflamabilidad del nitrato de celulosa (celuloide).



La celulosa, una vez nitrada, es mezclada con adecuados "plastificantes" (generalmente alcanfor), con solventes y con pigmentos. Es luego filtrada y parte del solvente evaporado.

La masa en estado plástico aún, debido al elevado contenido de solvente que todavía tiene, es masticada sobre rodillos calientes. Se prepara una torta que luego es prensada al calor, enfriada, y finalmente cortada por medio de cuchillas especiales, para dar lugar a láminas de grosuras determinadas.

Estas láminas son secadas en secaderos especiales, para reducir la concentración de solvente y obtener una lámina con un grado de rigidez y dureza adecuado al uso que se destine.

## 2.—Acetato de celulosa

Con el objeto de encontrar un sustituto al celuloide que no compartiera las propiedades de inflamabilidad de éste, fue creado el "Acetato de Celulosa".

La celulosa es acetilada por medio de ácido acético y anhídrido acético hasta formar un triacetato con 43-44 por ciento de acetilo. Este triacetato es demasiado insoluble para tener aplicaciones comerciales, y es necesario por lo tanto llevar la concentración de acetilo a 38-40 por ciento, que es la usada para plásticos.

Este acetato es luego mezclado con adecuados plastificantes, en contracciones variables de acuerdo con el grado de rigidez que se desea obtener. Finalmente es masticado sobre rodillos calientes, donde a veces también se le incorporan sustancias colorantes, obteniéndose una lámina tosca que una vez enfriada puede ser molida para dar lugar al conocido polvo de moldeo usado en la industria.

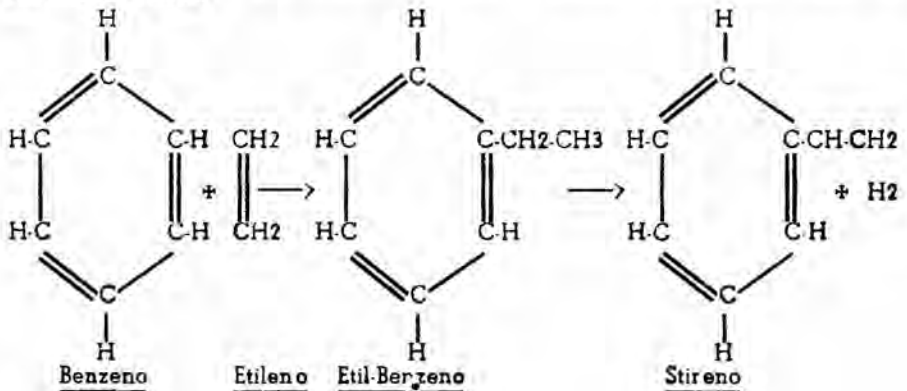
Luego de esta descripción general de las dos más importantes materias plásticas termoplásticas, derivadas de la celulosa, estudiemos algunos de los termoplásticos preparados por vía sintética.

## 1.—Polistireno

El polistireno es conocido comercialmente bajo los nombres de "Lustron", "Trolitul", etc.

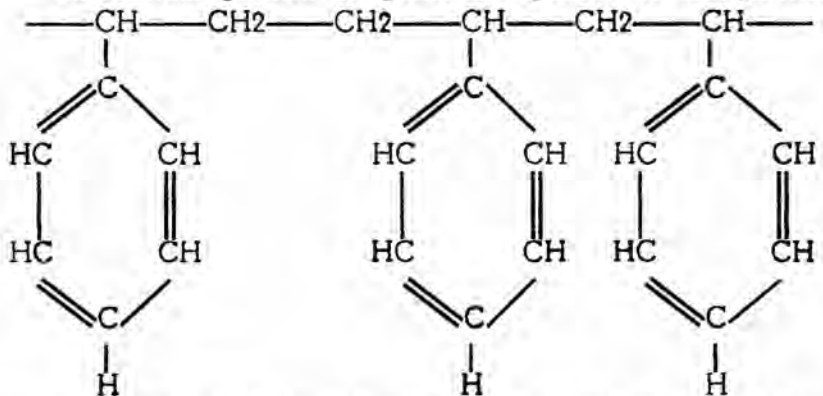


La molécula monomérica empleada en la preparación del polistireno es el "stireno", derivado de la combinación química del benceno y del etileno, que primero forman el etil benceno, el que luego es deshidrogenado por medio de calor y presión, para dar lugar al stireno o stírol.



Observando la molécula de stireno, vemos que es bifuncional, capaz por lo tanto de reaccionar con otras dos moléculas de stireno para dar lugar, por polimerización, a un polímero lineal con características definitivamente termoplásticas.

La fórmula química del polistireno podría ser la siguiente:



El stireno es un líquido cristalino que polimeriza por sí solo, activado por la luz y el calor, transformándose en una masa cristalina de consistencia rígida. Esta masa es masticada sobre rodillos calientes con pigmentos y colorantes, hasta obtener una coloración uniforme. De los rodillos resulta una lámina tosca, la que una vez fría puede ser molida para dar lugar a los gránulos que en la industria se conocen bajo el nombre de "compuestos de moldeo".

El polistireno es el plástico más liviano que se conoce. Su peso

específico es de 1,05 - 1,07. Su absorción de agua es mínima y no contiene materias plastificantes. Estas dos últimas características dan al polistireno una gran estabilidad dimensional, es decir, que no sufre variaciones de volumen por pérdida de plastificante o por absorción de agua del medio ambiente.

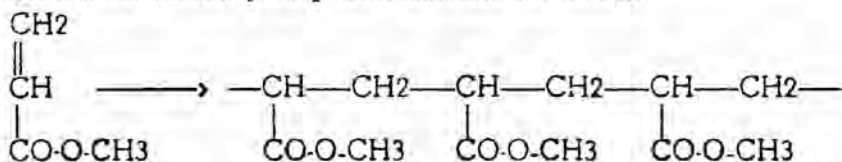
Existen una gran variedad de compuestos termoplásticos derivados del estireno con propiedades específicas determinadas. Hay compuestos que resisten la temperatura de hervor del agua. Otros poseen extraordinarias propiedades eléctricas.

Conviene decir que el estireno forma parte integrante de uno de los cauchos sintéticos más usados en la actualidad, el "Buna-S" y por lo tanto el polistireno será sin lugar a dudas, una de las materias plásticas termoplásticas de mayor producción y posiblemente de menor costo en el mercado.

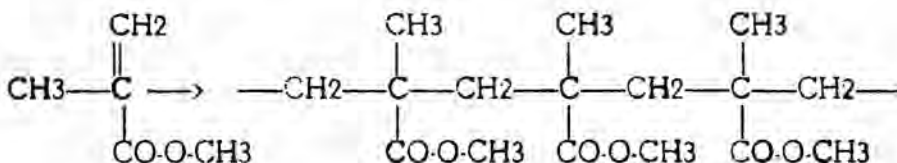
## 2.—Poliacrilatos y polimetacrilatos

Otras materias plásticas termoplásticas relativamente bien conocidas son las derivadas del ácido acrílico y del ácido metacrílico.

Algunos de los monómeros más usados en la manufactura de estas materias plásticas son el acrilato de metilo y el metacrilato de metilo, ambos moléculas bifuncionales, capaces por lo tanto de formar compuestos poliméricos con características termoplásticas; el poliacrilato de metilo y el polimetacrilato de metilo.



### Acrilato de Metilo



### Metacrilato de Metilo

Los poliacrilatos y polimetacrilatos de metilo, son masticados sobre rodillos calientes, con o sin materias plastificantes según los usos a que se destinen. Substancias colorantes pueden ser incorporadas, pero estos compuestos son generalmente usados en la industria en formas cristalinas y transparentes.

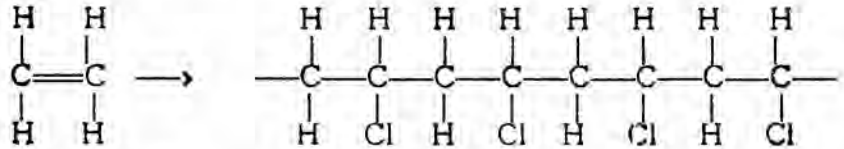


### 3.—Derivados del vinilo

Entre los derivados del vinilo cabe mencionar:

El POLI-CLORURO DE VINILO, comercialmente conocido bajo los nombres de "Vinylite", "Geon", "Koroseal", etc.

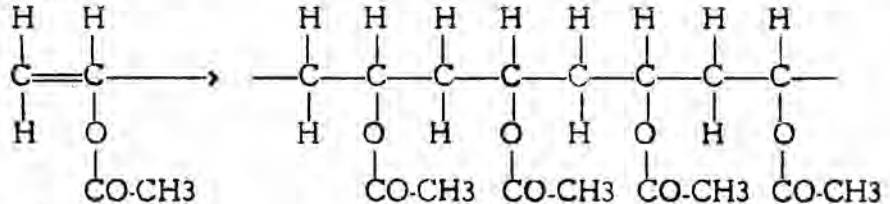
La constitución química de este compuesto podría ser la siguiente:



#### Cloruro de Vinilo

El POLI-ACETATO DE VINILO, comercialmente conocido bajo los nombres de "Vinylite", "Vinylseal", etc.

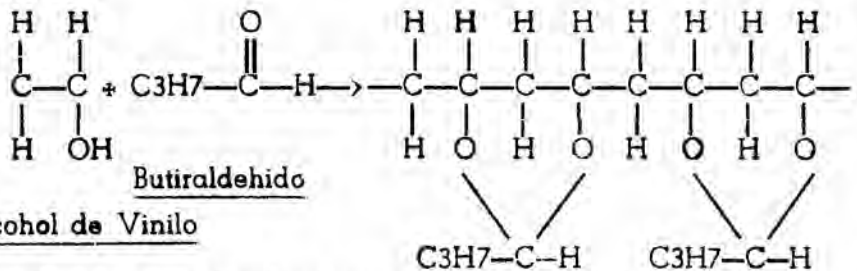
La constitución química de este compuesto podría ser la siguiente:



#### Acetato de Vinilo

Los POLI-ACETALES DE VINILO, comercialmente conocidos bajo los nombres de "Butvar", "Saflex", "Formvar", etc.

La constitución química del Polivinil Butiral, por ejemplo, podría ser:



#### Alcohol de Vinilo

Existen también las "copolimerizaciones" del Cloruro y del Acetato de Vinilo en proporciones de 85 a 95 por ciento de Cloruro de Vinilo con 15 a 5 por ciento de Acetato de Vinilo. Estos compuestos se conocen en el mercado bajo los nombres de "Vinylite", "Vinylon", etc.

Además de las materias plásticas termoplásticas ya enumeradas, existen muchas otras, como son el "NYLON", los "SILICONES", etc., pero no los entraremos a detallar para no complicar los conceptos generales.

### Materias plásticas termofraguantes

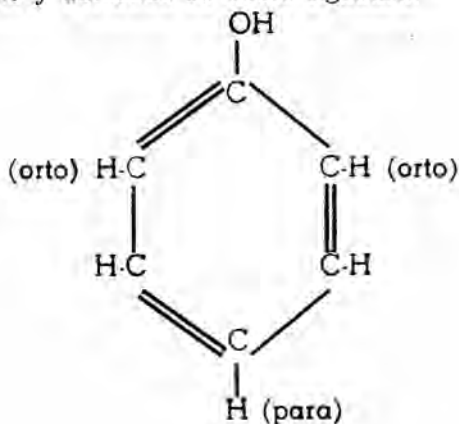
Con el fin de tener una idea más o menos clara sobre la constitución química y las propiedades de las materias plásticas "termofraguantes", vamos a mencionar en primer término al más antiguo de esta serie de compuestos poliméricos, el "Fenol Formaldehído". Daremos también las fórmulas químicas de otros dos compuestos más modernos, el "Urea Formaldehído" y la "Melamina Formaldehído".

#### 1.—Fenol Formaldehído

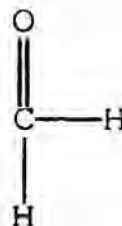
Este compuesto es conocido en el mercado bajo los nombres de "Resinox", "Bakelite", etc.

Observando la molécula de fenol, vemos que es una molécula "trifuncional", ya que tiene tres átomos de hidrógeno en las posiciones "orto" y "para", capaces de reaccionar, bajo debidas condiciones, con otras tres moléculas.

El Formaldehído, en cambio, es una molécula "bifuncional" capaz de reaccionar con otras dos moléculas, perdiendo su átomo de oxígeno y abriendo su doble ligadura.



Fenol



Formaldehído

El fenol y el formaldehído, con o sin la presencia de un catalizador, reaccionan por medio del calor, para formar por "condensación" compuestos "poliméricos" (resinas) con características variables.

Dos factores gobiernan principalmente las características de estos compuestos poliméricos: (1) la relación molecular entre el fenol y el formaldehído, y (2) el tipo de catalizador usado.

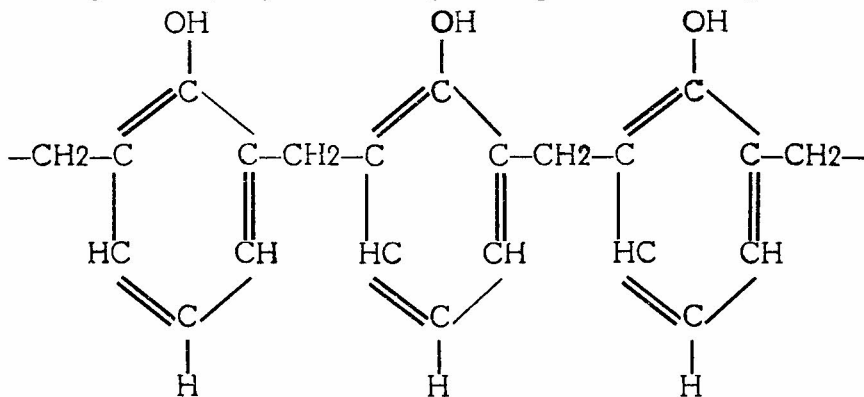
Con una relación molecular de un mol de fenol a un mol de formaldehído resultará una resina con características "termo-fra-guantes", infusible e insoluble.

En cambio usando una relación molecular de un mol de fenol a tres cuartos de mol de formaldehído, resultará una resina con características "termoplásticas", fusible y soluble en adecuados sol-ventes.

Con catalizadores ácidos (por ejemplo el ácido sulfúrico), la reacción se desplaza rápidamente hacia la derecha, para dar lugar, según las relaciones moleculares de fenol y formaldehído usadas, a un compuesto infusible e insoluble, o a una resina con característi-cas "termoplásticas", fusible y soluble.

Con catalizadores alcalinos, en cambio, cualesquiera sean las relaciones moleculares entre el fenol y el formaldehído, la reacción tiende a detenerse cuando se ha formado una resina con característi-cas termoplásticas, fusible y soluble.

Si, por tanto, hacemos reaccionar al fenol y al formaldehído en una relación molecular de 1:0,75 en presencia de un catalizador ácido, obtendremos, por "condensación", una resina "termoplástica", fusible y soluble, cuya fórmula química podría ser la siguiente:



Estas largas cadenas de moléculas (polimero lineal), disponen aún de los átomos de hidrógeno en las posiciones "para", para reaccionar por medio de grupos metilenos (CH<sub>2</sub>), con los átomos de hidrógeno de otra cadena similar contigua y formar así un polimero tridimen-sional, infusible e insoluble.

Para hacer posible esta reacción, es necesario agregar el faltante de formaldehído para que la relación molecular del conjunto sea de 1:1. Este faltante es generalmente agregado en una de las tantas formas secas del formaldehído, como la hexametilenotetramina o

el paraformaldehído, evitando así la incorporación de nuevas cantidades de agua.

La resina termoplástica, la hexametilenotetramina y una pequeña porción de stearato de calcio (lubricante), son, pues, convenientemente mezclados y triturados hasta dar un polvo casi impalpable que nosotros llamaremos "el compuesto de resina". Este compuesto de resina, sometido al calor, funde y permanece en un estado pastoso por un cierto tiempo, para luego reaccionar y transformarse en un compuesto permanentemente infusible e insoluble. Es pues una resina con características termofraguantes.

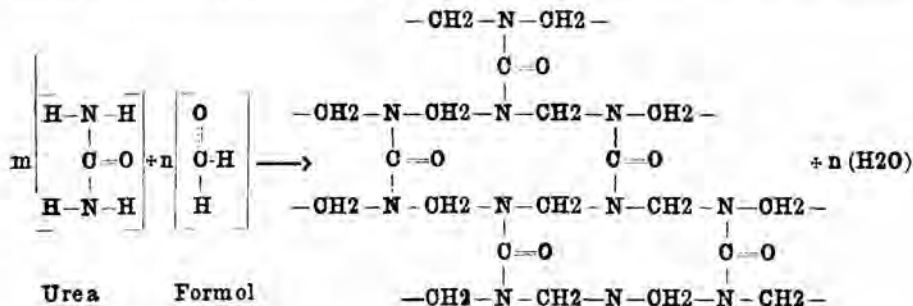
Con el fin de reducir el costo y al mismo tiempo introducir características determinadas en esta resina, se acostumbra mezclarla con diversos tipos de materias de relleno, tales como polvo de madera, fibras de algodón, recortes de tejidos de algodón, fibras de amianto, mica en polvo, etc. El compuesto de resina, el relleno y adecuados pigmentos o colorantes, debidamente mezclados, forman un fino polvo que luego es pasado por rodillos calientes, con el doble objeto de reducir su volumen aparente y de hacer reaccionar la resina hasta el grado de dureza que se desea. De los rodillos se obtiene una lámina tosca, dura y homogénea, que se muele en molinos a martillo, para obtener así el conocido polvo de moldeo que se usa en la industria.

Los compuestos de resina son, a veces, también disueltos en adecuados solventes, y usados para impregnar tejidos de algodón, tejidos de vidrio, láminas de madera o papel, los que luego son apilados uno encima del otro y prensados al calor para dar lugar a los compuestos llamados "laminados", que analizaremos en detalle más adelante.

## 2.—Urea Formaldehído

Este compuesto es conocido comercialmente bajo los nombres de "Plascon", "Beetle", "Bakelite", etc.

La composición química de la Urea formaldehído en su estado final, infusible e insoluble, podría ser la siguiente:

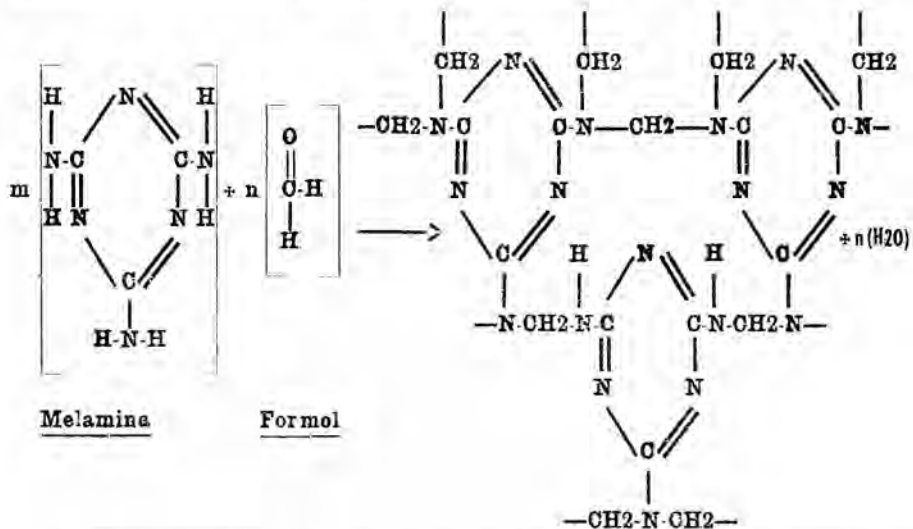


Los átomos de hidrógeno sobre la molécula de urea han reaccionado, por condensación, con el átomo de oxígeno de la molécula de formol, para formar así un polímero tridimensional, insoluble e infusible.

### 3.—Melamina Formaldehído

Este compuesto, relativamente moderno, se conoce comercialmente bajo el nombre de "Resimene", etc.

La constitución química de este compuesto en su estado final insoluble e infusible, podría ser la siguiente:



Aquí también, como en el caso de la urea formaldehído, los átomos de hidrógeno de la melamina han reaccionado, por condensación, con el átomo de oxígeno del formaldehído, para formar un polímero tridimensional, con características definitivamente termofraguantes.

### Conceptos generales sobre los diversos procedimientos de moldeo

Con el fin de que los diversos polvos de moldeo, ya sean de carácter termoplástico o termofraguante, sean utilizables comercialmente, deben ser transformados en artículos o formas especiales, con aplicaciones bien definidas. Los procedimientos más comúnmente usados para proceder a estas transformaciones son:

- 1.— Moldeo a compresión.
- 2.— Moldeo a transferencia.
- 3.— Moldeo a inyección.
- 4.— Extrusión.
- 5.— Fusión.
- 6.— Soplado.
- 7.— Laminado.

Antes de iniciar la descripción de estos diversos procedimientos industriales conviene aclarar que uno de los puntos más importantes y difíciles en la fabricación de objetos de materias plásticas, es la debida selección del material que se debe usar. Cada objeto estará sometido a condiciones de trabajo diferentes, y es lógico por tanto, que exista un determinado plástico para satisfacer esas condiciones de trabajo. No hay duda que habrá un gran número de superposiciones, pero en cada caso es necesario hacer un estudio minucioso de las condiciones bajo las cuales trabajará tal o cual objeto que se vaya a fabricar, y recién entonces hacer la selección de la materia plástica que mejor se adapte a tales condiciones de trabajo.

Las materias plásticas no son substitutos, y si bien pueden en varias ocasiones substituir al acero, al vidrio, a la madera, etc., tienen propiedades físicas y químicas inherentes y propias, lo que hace que deban ser consideradas como un nuevo grupo de materias para la industria.

### 1.— Moldeo a compresión

Para este tipo de moldeo se hace uso de una matriz de acero forjado poseyendo la forma negativa de la pieza que se desea fabricar. La matriz es debidamente calentada, ya sea por medio de resistencias eléctricas, o por circulación de vapor o aceite caliente. Una cantidad debidamente pesada de polvo de moldeo, es colocado en la matriz, la que luego es cerrada a presión. Supongamos en primer lugar que el polvo de moldeo que estamos usando es del tipo termo-fraguante. Al ponerse en contacto el polvo, con la matriz caliente, éste primero funde, transformándose en una masa pastosa que con la presión aplicada fluye llenando completamente la cavidad de la matriz. Inmediatamente después se produce una reacción química que transforma la masa pastosa en un cuerpo rígido e infusible. Debido a este endurecimiento, la pieza moldeada puede ser extraída del molde mientras que aún está caliente.

Si en cambio, hacemos uso de un polvo moldeado del tipo termoplástico, éste se ablandará al contacto con la matriz caliente, y con la presión aplicada fluye llenando la cavidad de la matriz, pero no endurecerá hasta que la temperatura de la matriz de acero no descienda por debajo de su punto de ablandamiento. Es pues neces-



rio enfriar la masa metálica del molde hasta endurecer la pieza y hacer posible su extracción de la cavidad. Debido a la lentitud de este proceso, fue creada la máquina de inyección que veremos con más detalles más adelante.

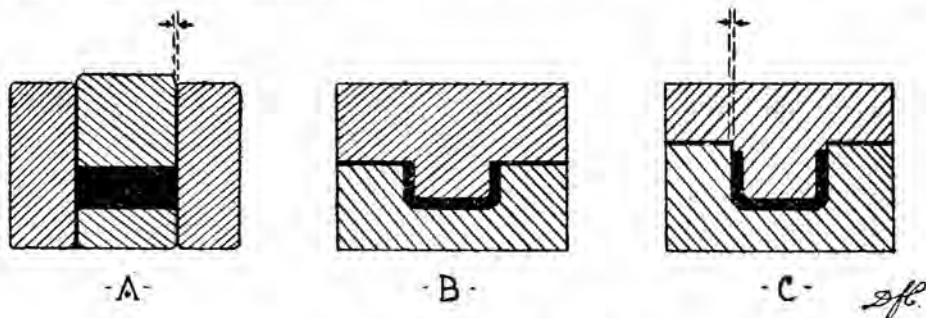


Fig. 1. - Diferentes tipos de moldes de compresión

(a) Molde Positivo. (b) Molde de Rebosamiento. (c). Molde Semi-Positivo.

## 2.—Moldeo a Transferencia

Este tipo de moldeo, una simple variación del moldeo a compresión, puede subdividirse, (1) en el moldeo a transferencia propiamente dicho, y (2) en el moldeo de alta velocidad a émbolo.

El moldeo a transferencia propiamente dicho, hace uso de un molde como el indicado en la figura 2. La materia plástica, en forma de polvo o en forma de pastilla prefabricada, es colocada en el receptáculo y luego inyectada por medio del émbolo a la o a las cavidades inferiores. El procedimiento es más rápido que el de compresión. Permite el moldeo de piezas que requieren tolerancias verticales más exactas de lo que el moldeo a compresión permite. Es ideal para moldear al rededor de insertos de metal, y como la presión del material dentro de la cavidad es relativamente pequeña, puede usarse para cuando se requiere moldear con insertos de metal delicados, tales como por ejemplo alambres de cobre, plata, etc.

El moldeo de alta velocidad a émbolo, es similar al de transferencia propiamente dicho, y debe ser considerado como un perfeccionamiento de éste. El dibujo de la figura 3 explica el proceso. Dado que el molde es mantenido cerrado por la presión de la prensa, y que el canal de acceso a la cavidad del molde es sumamente estrecho, se produce un calentamiento del material por la fricción contra las paredes del canal de acceso, que acelera enormemente el período de cura.

Para este procedimiento se hace uso generalmente, aunque esto

no es necesario, de pastillas precalentadas por el procedimiento de alta frecuencia (también llamado calentamiento dieléctrico) y en el cuadro adjunto se puede observar la comparación del tiempo de curado, del peso específico, de la absorción del agua, de una pieza moldeada por el procedimiento de compresión y el procedimiento a émbolo.

Tipo de moldeo	Tiempo de curado	P. Esp.	Abs. de agua en %
Compresión	105 segundos	1,33	0,73
A émbolo	10 segundos	1,38	0,27

Vemos que el tiempo de curado ha sido notablemente disminuido, el material ha resultado más compacto y la absorción de agua ha sido reducida a tres veces menos.

Otra ventaja de este tipo de moldeo es que la presión sobre la cavidad del molde es relativamente pequeña, lo cual permite hacer uso de aleaciones relativamente duras y de bajo punto de fusión para la fabricación de las cavidades del molde. Ejemplos de estos materiales serían el cobre-berilo y las aleaciones de zinc, aluminio, cobre y magnesio.

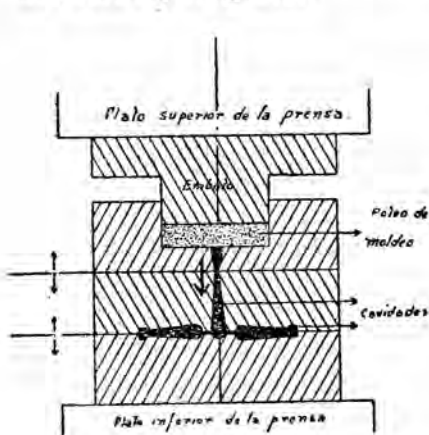


Fig. 2

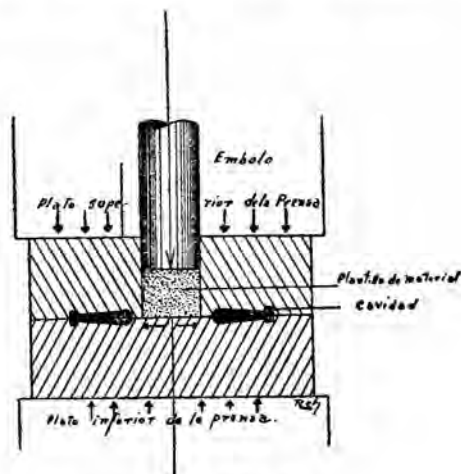


Fig. 3

### 3. - Moldeo a Inyección

Este procedimiento, como ya lo hemos indicado, fue creado con la idea de acelerar el moldeo de las materias plásticas termo-plásticas. Consiste como el dibujo le indica, (Fig. 4) en una tolva por

donde entran los gránulos del material a moldear, de un cilindro con bandas de resistencias eléctricas donde el material es plastificado por medio del calor, y de un molde con circulación de agua fría donde el material es endurecido con la forma deseada. El material en forma de gránulos es inyectado a gran presión (1400-1500 Atm.) dentro del molde, por medio de un pistón también indicado en el dibujo. Terminada la inyección el pistón retrocede y el molde abre para hacer posible la extracción de la pieza moldeada.

Este procedimiento es generalmente usado en forma exclusiva para materiales del tipo termoplástico, pero a pesar de ello se han hecho aplicaciones con materiales del tipo termofraguante cambiando algunas partes de la máquina (este procedimiento ha recibido el nombre de "Jet Moulding").

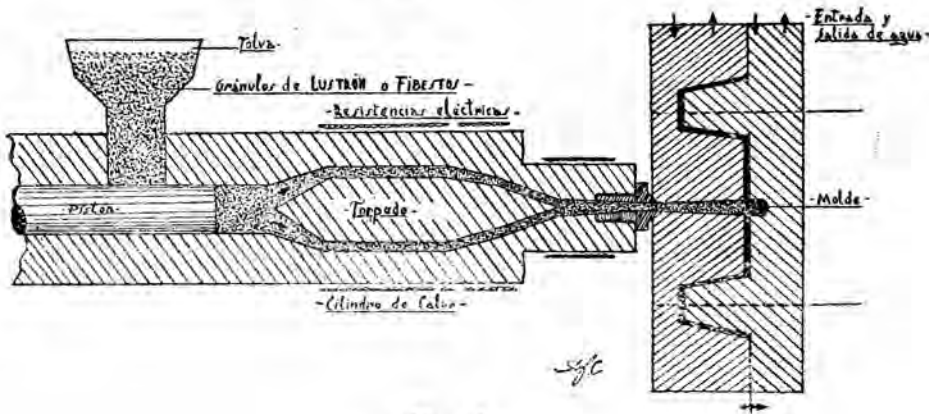


Fig. 4

#### 4. - Extrosión

Este procedimiento, usado casi exclusivamente con materias plásticas termoplásticas, consiste como lo indica el dibujo, (fig. 5), de una tolva por donde entra el material en forma de gránulos, de un cilindro calentado por medios cualesquiera (eléctricamente, o por circulación de vapor o aceite caliente), de un tornillo sin fin que lleva el material hacia la boca de salida, y de un troquel con forma definida por donde sale en forma continua el material con un perfil o sección deseado. Al contacto con el aire el material enfría y endurece. Conviene también hacer uso de una cinta transportadora para llevar el perfil continuo fabricado, lo que permite controlar la anchura del perfil variando la velocidad de la cinta. Cambiando simplemente el troquel a la salida de la máquina es posible fabricar perfiles continuos de las más variadas formas, tales como tubos, varillas, doble T, ángulos, etc.

El procedimiento de extrusión ha sido perfeccionado hasta el punto que hoy día se le emplea para la fabricación de tubos con materias plásticas del tipo termofraguante. Es interesante agregar que se han hecho algunas experiencias (la Crysler Corp.) para adaptar un molde a la salida de esta máquina, para así inyectar dentro de una cavidad cerrada una cantidad casi cualquiera de materia plástica termoplástica. Si este tipo de máquina, combinación de extrusión e inyección, tendrá resultado en el futuro sólo la práctica lo podrá decir, pero dado que el volumen de material inyectado dentro del molde usando este procedimiento puede ser mucho mayor que el inyectado con una máquina de inyección del tipo común y de similares dimensiones exteriores, es muy posible que este procedimiento llegue a tener una gran aceptación en el futuro.

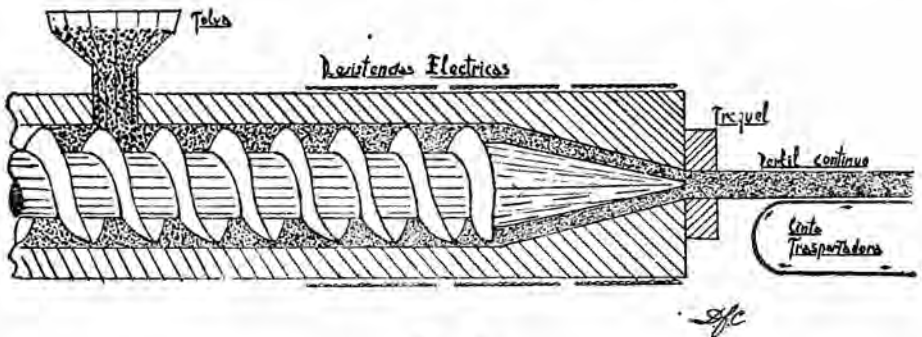


Fig. 5

### 5. - Fusión

El procedimiento de fusión es también empleado tanto con materias plásticas del tipo termoplástico como del tipo termofraguante, para la producción de diversos artículos útiles. El procedimiento, en líneas generales, consiste en verter la materia plástica en una forma líquida dentro de moldes adecuados y luego dejar que éstos enfrién, si se trata de materias termoplásticas, o colocar el molde dentro de un horno de recocido hasta obtener el endurecimiento total, si se trata de materias termofraguantes. La pieza es luego sacada del molde y debidamente terminada.

### 6.—Soplado

Este tan conocido procedimiento, usado en la fabricación de juguetes, muñecas, etc., está hoy en día siendo empleado, con ciertas innovaciones, en la manufactura de piezas huecas de cuello cerrado, tales como, botellas, bombillos para árboles de navidad, etc. Existen

dos procedimientos radicalmente diferentes para la fabricación de artículos útiles por el procedimiento de soplado. El primero, (Fig. 6), consiste en hacer uso de láminas de materias plásticas, generalmente celuloide. Dos de estas láminas de un espesor adecuado son colocadas entre las dos mitades de un molde calentado por medio de circulación de vapor. Vapor de agua es luego inyectado a presión entre las dos láminas con el objeto de hacer que las láminas tomen la forma del molde. El vapor es luego substituído por aire frío, y el molde es enfriado por circulación de agua hasta obtener el completo endurecimiento del celuloide y hacer posible la extracción de la pieza terminada.

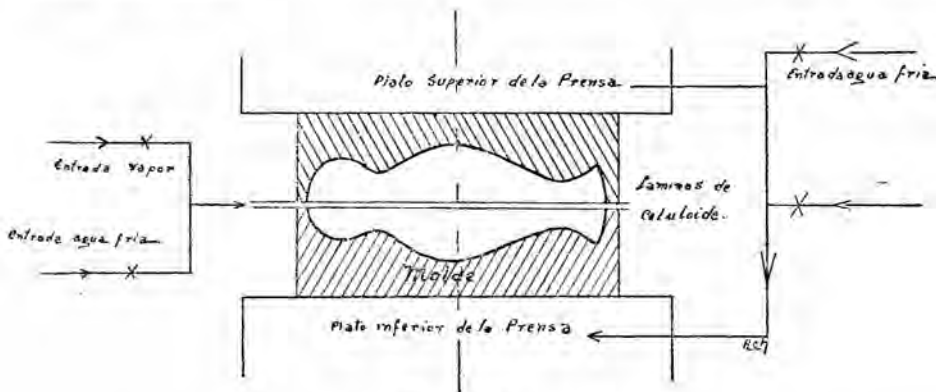


Figura 6

El segundo procedimiento hace uso de polvo de moldeo de materias termoplásticas, generalmente Acetato de Celulosa o Polistireno. Con este polvo se puede fabricar lo que se llama el "cuerpo intermediario" ya sea usando una máquina de inyección o una máquina de extrusión. Este cuerpo intermediario, que generalmente consiste en un tubo, es puesto en un molde mientras que aún está caliente, es cerrado por su parte inferior y aire o vapor inyectado por la parte superior hasta hacerle tomar la forma del molde.

También es posible utilizar el procedimiento indicado en la figura 7 donde el material es inyectado por medio de una máquina de inyección o de extrusión dentro de la cavidad A, retirándose inmediatamente el tubo B, e inyectando aire a presión por medio de la válvula C. Dado que el material aún está en forma pastosa se adapta a la cavidad del molde D, tomando la forma que se desea.

Estimar las posibilidades que este segundo procedimiento tendrá en el futuro es hacer un juicio aventurado, ya que la competencia con el vidrio es todavía factor primordial, sino tanto por las propiedades físicas de la materia empleada, por el considerablemente

menor costo del vidrio. Conviene sin embargo agregar que en Estados Unidos las patentes en el soplado de plásticos aumenta día a día y de lograrse un abaratamiento en el proceso de manufactura es indudable que se puede esperar mucho de este tipo de envase en el futuro.

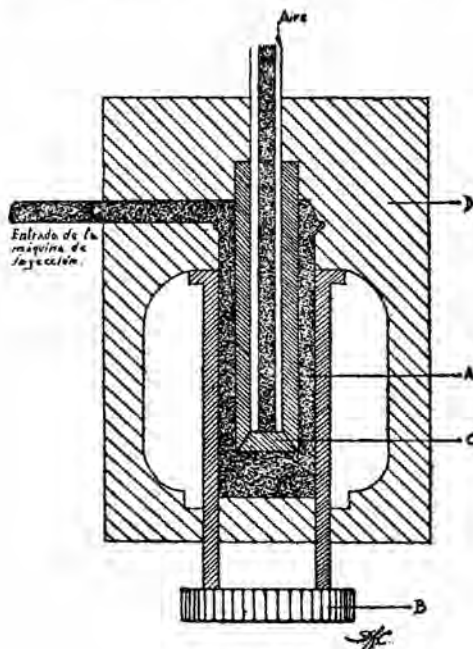


Figura 7

### 7. - Laminado

La operación de laminado consiste en formar piezas planas o curvas usando en vez de un polvo de moldeo, múltiples láminas debidamente impregnadas y apiladas una encima de otra, las que luego se someten a una presión y a una temperatura adecuada en moldes.

Las resinas empleadas en la manufactura de laminados son generalmente del tipo termofraguante, tales como, el fenol-formaldehído, la urea-formaldehído, o la melamina-formaldehído, preparadas en forma de barnices con viscosidad adecuada. Estas resinas generalmente requieren altas presiones (140 a 170 atmósferas) y es por esta razón que se han desarrollado las resinas de "Poliésteres" que permiten fabricar laminados con muy bajas presiones (1,5 a 2 atmósferas).

Las láminas usadas, que constituyen el relleno del laminado, suelen ser tejidos de algodón, tejidos de vidrio, hojas de papel, hojas



de madera, hojas de amianto, etc. Las propiedades del laminado dependen tanto de la resina empleada como del tipo de relleno.

La primera operación en la fabricación de laminados es la impregnación de las láminas a usar, con barnices preparados disolviendo la resina en algún solvente adecuado. La lámina pasa luego por entre dos rodillos que controlan, por así decirlo, la cantidad de barniz aplicada. Finalmente pasa por un secadero donde se elimina el solvente cuya misión solamente ha sido la de disolver la resina y hacer posible la impregnación.

La figura 8 indica en líneas muy generales las operaciones de impregnación y secado.

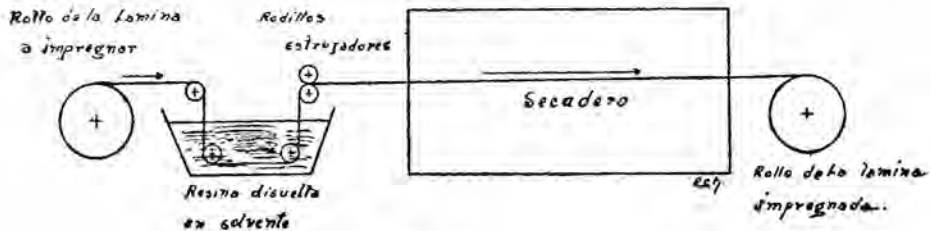


Fig. 8

La próxima operación en la fabricación de laminados consiste en cortar láminas debidamente impregnadas, al tamaño deseado y luego apilarlas una encima de la otra entre chapas de acero niqueladas o cromadas. Este conjunto es luego sometido a presión y calor en prensas especiales.

Como ya hemos indicado al comienzo de este capítulo, se puede también apilar las láminas en moldes de acero y someterlas a presión y calor en prensas, obteniéndose así piezas curvas de formas cualesquiera. Dado que la presión necesaria para producir un laminado, usando resinas del tipo fenol-formaldehído, es muy grande, el tamaño de las prensas, y por lo tanto también el costo de éstas, resulta prohibitivo cuando la pieza a formar tiene un tamaño grande. Por esta razón, se han hecho esfuerzos para lograr preparar resinas que pudieran ser usadas para baja presión (1,5 a 2 atmósferas), lo que permitiría formar piezas relativamente grandes en moldes de madera, bronce o cemento y empleando el procedimiento del "saco de goma". El dibujo de la Fig. 9 explica uno de los tantos procedimientos que han sido usados en los Estados Unidos para la fabricación de fuselajes de avión y cascos de embarcaciones. Es evidente que la terminación de la superficie del laminado resulta menos perfecta haciendo uso del saco de goma que cuando se usa mayor presión y moldes de acero.

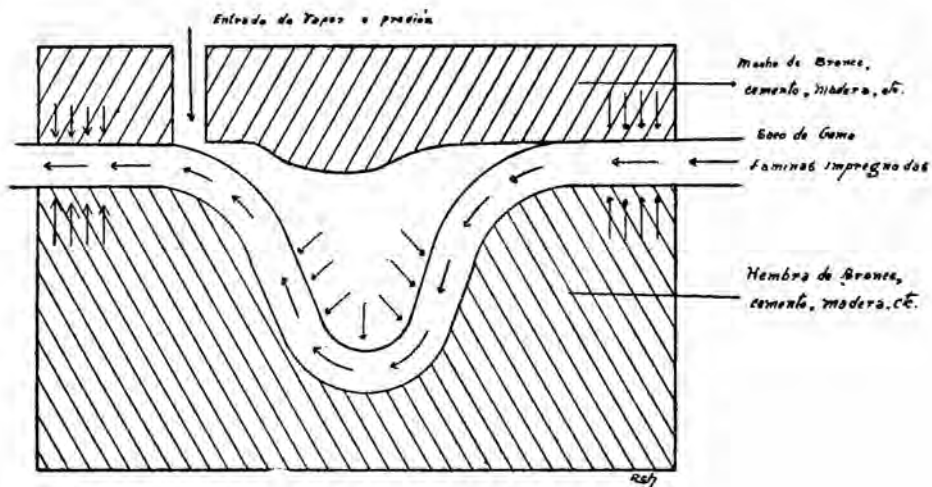


Fig. 9

## Aplicaciones Diversas de las Materias Plásticas en la Industria

### 1.—Fenol Formaldehido

Además de las innumerables aplicaciones de esta materia plástica como polvo de moldeo y con las cuales podríamos llenar páginas enteras, especialmente en lo que se refiere a piezas industriales, existen las ya mencionadas combinaciones de estas con tejidos, láminas de papel, láminas de madera, etc., para formar los laminados. Entre las muchas aplicaciones de los laminados en la industria podemos mencionar:

Fuselajes de aviones, usando combinaciones de tejidos de vidrio con láminas de madera. Cascos de embarcaciones, con láminas de madera, de papel, etc.

Engranajes silenciosos, fabricados con tejidos de algodón y resinas fenólicas. Estos engranajes se hacen trabajar sobre acero y generalmente no requieren lubricación. A veces también se los lubrica con agua.

Cojinetes, con tejidos de algodón y resinas fenólicas. Estos cojinetes trabajan sobre acero y son generalmente lubricados con agua.

Muebles de los más diversos tipos, fabricados con láminas de madera o de papel. Tapas de mesas para escritorio y restaurantes que no quemar bajo la acción de un cigarrillo. La idea consiste en colocar debajo de la primera o segunda lámina superior una delgada de aluminio que tiene a su cargo la conducción del calor evitan-

do así que la temperatura suba y descomponga el compuesto orgánico, etc.

Las resinas fenólicas son también usadas como aglutinantes en la fabricación de ruedas esmeriles. El polvo abrasivo, óxido de aluminio o carburo de silicio, es primero mojado por medio de una resina fenólica líquida. A continuación se agrega una resina fenólica en forma de un polvo impalpable y se mezcla bien el conjunto. La masa así preparada es puesta en moldes con la forma de la rueda que se desea fabricar, y sometida a presión. La última operación consiste en un recocado en hornos especiales y a ciclos de temperatura especificados.

Las resinas fenólicas en combinación con ciertos acetales de vinilo son empleadas para el esmaltado de alambres eléctricos. El alambre es cubierto por inmersión y luego pasado por un horno para producir el endurecimiento de la resina. Este esmaltado es de gran elasticidad y tiene también una considerable resistencia mecánica. Su aplicación en la fabricación de motores eléctricos ha permitido reducir en forma considerable el tamaño de un motor comparado con otro cuyas bobinas usan alambres cubiertos con algodón.

## 2.—Melamina Formaldehido

Esta materia plástica presenta todas las propiedades de las resinas fenólicas, mas, una casi ilimitada gama de colores, puede ser preparada para compuestos translucientes, y tiene también excelentes propiedades eléctricas y gran resistencia a los agentes químicos.

Las resinas de melamina han tenido mucha aceptación en la fabricación de laminados de alta presión, ya que son completamente transparentes y permiten realzar los colores de los tejidos o minas usadas en su fabricación.

Una de las grandes aplicaciones de la melamina formaldehido como polvo de moldeo es la fabricación de tapas de distribuidor para aviones. Debido a la gran resistencia al arco eléctrico que tiene este compuesto, ha sido posible usarlo para la fabricación de distribuidores de motores de aviones, los que producidos con otras resinas no resistían la diferencia de potencial entre los topes cuando el avión volaba a gran altura.

Melamina formaldehido en forma de polvo de moldeo presenta gran ventaja en la fabricación de platos, fuentes, tasas, etc., cuando deban estar en contacto con sustancias ácidas alimenticias.

Resinas de melamina han sido aplicadas con gran éxito como aprestos para tejidos de lana y algodón. Tejidos tratados con estas resinas son inarrugables y no encogen por el continuo lavado. La operación de tratar tejidos con estas resinas ha recibido en la industria el nombre de "Resloomizado".

## APLICACIONES DE LAS MATERIAS PLASTICAS TERMOPLASTICAS

### 1.—Nitrato de Celulosa

Este compuesto es trabajado en la industria en forma de láminas, varillas y tubos cortando a estos por medios mecánicos o formándolos por medio del calor (no mayor de 85° C). Entre las aplicaciones del nitrato de celulosa cabe mencionar, peines y peinetas, mangos para cepillos de dientes, armazones para lápices y lapiceras, instrumentos de dibujo, mangos para herramientas diversas, parabrasas para aviones, etc.

El nitrato de celulosa en forma de láminas finas es usado para cubrir madera y producir artículos tales como, teclas de piano, acordeones, asientos para inodoros a pedestal, etc.

### 2.—Acetato de Celulosa

Esta materia plástica tiene aplicaciones muy similares a la del nitrato de celulosa, pero con la gran ventaja de no compartir la inflamabilidad de éste y puede por lo tanto ser moldeado por el procedimiento de inyección. El acetato de celulosa para máquina de inyección viene preparado en forma de gránulos de tamaños variables y que se conoce en la industria bajo el nombre de "compuesto de moldeo".

Entre las aplicaciones más usuales de esta materia podemos mencionar peines y peinetas; mangos para cepillos de dientes y otras clase de cepillos; artículos de adorno tales como, aros, collares, pulseras; linternas eléctricas; botellas de cuello, fabricados por el procedimiento de soplado; mangos para cubiertos de mesa, etc. Conviene indicar que las materias plásticas derivadas de la celulosa se caracterizan por una gran resistencia al choque.

El acetato de celulosa se prepara también con pigmentos fosforescentes que le dan al material la propiedad de absorber la luz durante el día y luego emitirla durante la noche (los pigmentos son combinaciones de azufre con otros metales). Compuestos de moldeo preparados tienen y tendrán muchas aplicaciones para la fabricación de artículos tales como, chapas para los interruptores de luz, mangos para puertas, chapas para cerraduras, perillas para aparatos de radio, etc.

### 3.—Polistireno

El polistireno se distribuye en el mercado en forma de gránulos llamados "compuestos de moldeo" y en forma de hojas. Su carácter termoplástico permite que sea trabajado por el procedimiento de inyección.

El polistireno tiene una gran estabilidad dimensional, especialmente debido a su baja absorción de agua. Tiene también gran resistencia a los ácidos, álcali y alcohol. Entre las aplicaciones de esta materia plástica cabe mencionar:

Cajas para acumuladores extralivianos y transparentes usados para aparatos de radio transportables.

Botellas fabricadas por el procedimiento de soplado y que han sido usadas en la guerra para el transporte de medicamentos por paracaídas a los frentes de batalla. Dado que el polistireno pesa tres veces y medio menos que el vidrio es evidente la ventaja de usar este material. Estos envases también se han fabricado para el transporte de ácido fluorhídrico que no tiene ninguna acción sobre este material. Envases para cosméticos y productos farmacéuticos.

Tasas, fuentes, platos y otros artículos similares que deban estar expuestas a substancias ácidas alimenticias.

Partes para reglas de cálculo han sido moldeadas por inyección en polistireno, lo que indica el grado de exactitud con que este material puede ser moldeado.

Su gran resistencia mecánica aun a bajas temperaturas, cuando otros termoplásticos se vuelven quebradizos y frágiles, lo han adaptado para la fabricación de muchas piezas de refrigeradoras modernas.

Como tiene excelentes propiedades eléctricas, ha sido empleado en la fabricación de aisladores, carretes para bobinas de radio, separadores, etc.

El polistireno comparte con los Acrílicos la curiosa propiedad de "enturbar la luz", lo que significa que varillas curvas refractan la luz de una manera tal, que una fuente luminosa aplicada en un extremo atraviesa totalmente la varilla, para volver a salir por el extremo opuesto. Esta curiosa propiedad ha sido usada en muchos instrumentos de medicina, y también para aplicaciones de iluminación indirecta.

#### 4.—Poliacrilatos y Polimetacrilatos

Estas materias plásticas han hecho también su gran aporte a la industria en aplicaciones tales como:

Peines y peinetas.

Mangos para toda clase de cepillos.

Artículos de adorno.

Dentaduras postizas.

Cigarreras, polveras, estuches, etc.

Entre las aplicaciones de guerra cabe mencionar las ventanas de los bombarderos americanos e ingleses.

### 5.—Derivados del Vinilo

Estos compuestos constituyen sin lugar a dudas, el grupo más versátil de todas las materias plásticas conocidas. Se preparan estos compuestos en casi todas las consistencias deseadas, rígida, plástica y líquida. Las propiedades físicas y químicas, se ajustan de acuerdo con las aplicaciones a que se destine el compuesto. Su aporte a la industria plástica es enorme, y por esta razón nos limitaremos aquí solamente a la descripción de algunas de las aplicaciones más típicas.

Vidrios inastillables, fabricados colocando una delgada lámina de Polivinil Butiral entre dos láminas de vidrio, y sometiendo el conjunto a presión en prensa o en autoclave. La gran adherencia del vidrio al plástico, previene el astillado.

Tejidos impermeables, fabricados aplicando una delgada capa de Polivinil Butiral sobre el tejido a impermeabilizar, ya sea por medio de esparcidoras o de calandras. El Polivinil Butiral para estas aplicaciones, se prepara también con agentes vulcanizadores.

Aislación de cables eléctricos se hacen hoy en día con diversos derivados del Vinilo. Las ventajas de este tipo de aislación en comparación con la goma son muchas. Tubos flexibles y transparentes para circulación de gasolina o similares. Las ventajas sobre el tubo de cobre son evidentes dada la transparencia y la flexibilidad.

Tiradores y cinturones fabricados en estas materias plásticas han recibido gran aceptación en el mercado.

— 9 —

Podríamos así seguir enumerando aplicaciones industriales de los diversos tipos de materias plásticas, pero con lo dicho basta para comprender la importancia ilimitada de ellas en la vida moderna.

