



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

**“ Revisión de la Tecnología en la Producción de
Acrilonitrilo - Butadieno-Estireno (A.B.S.) ”**

JOSE ISABEL VALENCIA RODRIGUEZ

INGENIERO QUIMICO

1974



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.

LAB 1974
AZO ~~11~~
FECHA Tesis
PREC

330

3

330




Jurado asignado originalmente según el tema

PRESIDENTE Prof.:		JULIO TERAN ZAVALA.
VOCAL	"	HECTOR SOBOL ZASLAV.
SECRETARIO	"	ANTONIO FRIAS MENDOZA.
1er. SUPLENTE	"	FERNANDO ITURBE HERMANN.
2do. SUPLENTE	"	MARGARITA GONZALEZ TERAN.

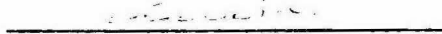
Sitio donde se desarrolló el tema:

BIBLIOTECA DE LA FACULTAD DE QUIMICA. PETROLEOS MEXICANOS.

Nombre completo y firma del sustentante:

JOSÉ ISABEL VALENCIA RODRIGUEZ. 

Nombre completo y firma del asesor del tema:

Profesor ANTONIO FRIAS MENDOZA. 

A mis Padres:

Sr. JULIO VALENCIA ZARAGOZA y
Sra. VICTORIA RODRIGUEZ DE VALENCIA

Con sincera gratitud por sus esfuerzos y sacrificios.

A mis Hermanos:

EMMA, PABLO, FELIX, TERESA, PATRICIA y GILBERTO

Deseándoles mucho éxito.

A la memoria de mis Abuelos:

Sr. SILVESTRE RODRIGUEZ NABOR y
Sra. MARIA RODRIGUEZ DE RODRIGUEZ.

/ Q. E. P. D. /

A mi Maestro: .

ING. ANTONIO FRIAS MENDOZA: -

Gran amigo y asesor de ésta Tesis.

A LA FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS

A TODOS MIS AMIGOS

INDICE

CAPITULO I _____	1
Introducción.	
CAPITULO II _____	3
Consideraciones históricas sobre los plásticos ABS.	
CAPITULO III _____	5
Generalidades sobre los plásticos ABS.	
CAPITULO IV _____	9
Propiedades.	
Propiedades físicas y químicas.	
Estructura.	
Tipos de polímeros ABS.	
Reacciones de polimerización..	
Polimerización mecánica.	
Polímeros mezclados.	
Estabilidad de los polímeros ABS.	
CAPITULO V _____	27
Procesos para obtener el polímero ABS.	
Obtención del polímero ABS tipo B.	
Obtención del polímero ABS tipo G.	
CAPITULO VI _____	36
Técnicas de formado y acabado de los plásticos ABS.	
Moldeo por inyección.	
Extrusión de láminas y perfiles.	

Termoformado de láminas.
Prensado de láminas con calandria.
Técnicas de decoración.
Cromoplatado de los plásticos ABS.
Producción de espumas de ABS.

CAPITULO VII _____ 56

Métodos de prueba.
Resistencia al impacto. Prueba de impacto Izod.
Prueba del peso descendente.
Esfuerzo-deformación.
Tensión y flexión.
Rigidez.
Fatiga.
Resistencia al medio ambiente.
Resistencia a los medios químicos.
Propiedades térmicas.
Propiedades reológicas.
Otras propiedades.

CAPITULO VIII _____ 63

Aplicaciones.
Industria automotriz.
Refrigeración.
Artículos domésticos.
Equipaje.
Electrónica.
Industria del zapato.
Usos en tubería.
Asientos.
Artículos cromoplateados.
Máquinas de escribir.
Aire acondicionado.
Otras aplicaciones.

CAPITULO IX _____ 65

Futuro de los plásticos ABS.
Principales productores de ABS en el mundo entero.

APENDICE A	39
Grados de los polímeros ABS.	
Designación. Características. Propiedades. Aplicaciones.	
APENDICE B	101
Gráficas de propiedades del ABS y otros plásticos.	
Comparación. Análisis. Observaciones.	
CONCLUSIONES	107
BIBLIOGRAFIA	110

CAPITULO I

CAPITULO I

INTRODUCCION

Los plásticos ABS están constituidos de 3 monómeros: acrilonitrilo, butadieno y estireno.

El nombre ABS está basado en las primeras letras de los nombres de cada uno de sus componentes ó monómeros y constituyen una familia de plásticos.

Los plásticos ABS están compuestos de copolímero de acrilonitrilo-estireno como fase continua y una fase dispersa de hule de acrilonitrilo-butadieno.

Estos polímeros de ABS son producidos como resultado del desarrollo de los poliestirenos de alto impacto, los cuales están hechos de 2 monómeros: estireno y butadieno.

En los poliestirenos se logra una mejor flexibilidad al introducir componentes del hule que contengan butadieno en el núcleo de dichos poliestirenos. Pero sin embargo, con la flexibilidad alcanzada, otras propiedades se comprimen. Estas incluyen rigidez, resistencia química, tensión y resistencia a la flexión.

Al introducir monómero de acrilonitrilo en un sistema similar, se obtienen mejorías en todas éstas propiedades.

Los polímeros de ABS son termoplásticos al igual que el poliestireno, cloruro de vinilo, poliolefinas, nylon, etc,

Al aplicarles calor se ponen blandos, y cuando se les aplica presión se obtiene un flujo viscoso. Al enfriarse endurecen, y cuando se recalientan se vuelven a reblandecer.

De ésta manera se pueden mezclar y darles forma con las mismas propiedades. Como resultado, los plásticos ABS son muy útiles y tienen una gran versatilidad. (1)

En su forma natural éstos plásticos son opacos, similar en éste as
pecto al del poliestireno de alto impacto

CAPITULO II

CAPITULO II

"CONSIDERACIONES HISTORICAS SOBRE LOS PLASTICOS A.B.S."

Los materiales plásticos hechos de los monómeros de acriloni--trilo, butadieno y estireno fueron desarrollados por la compañía U.S. Rubber Co. en 1940 y la patente- U.S. patent 2,439,202- fué e mitida en 1948. (2)

El producto que pretendía ésta patente estaba compuesto de una mezcla física de copolímero de acrilonitrilo-butadieno y de copolímero de acrilonitrilo-estireno.

Otras patentes fueron subsecuente emitidas para mezclas de éste tipo.

Los productos comerciales hechos mediante ésta técnica fueron- empleados principalmente en la fabricación de tubería por extrusión y en la manufactura de láminas por prensado con calandria. Estas - láminas fueron lanzadas al mercado con el nombre de "Royalite".

Los polímeros ABS han sido desarrollados con mejoras en el -- flujo, apariencia y características de estabilidad térmica.

Con éstas propiedades favorables, los plásticos se han expandi do rápidamente en los campos de moldeo por inyección, extrusión de láminas y termoformado al vacío.

El alto costo de éstos polímeros en los primeros años de intro ducción, retardó el crecimiento de ésta familia de plásticos.

Durante los últimos años de la pasada década, se desarrolló la nueva tecnología en la síntesis del monómero de acrilonitrilo, y el precio de éste monómero empezó a disminuir. Los precios de los mo-

números de estireno y butadieno, como consecuencia, también bajaron.

Todos éstos factores hicieron posible la disminución del precio del polímero ABS.

Con la entrada de otros productores al campo de éste plástico, tales como "Dow-Warner's Marbon Chemical Division", "Monsanto Co" y "B.F. Goodrich Chemical Company"; la tecnología para la manufactura del polímero ABS se desarrolló a tal grado, que se produjo una rápida disminución en el precio del polímero, las capacidades de producción se incrementaron.

Esta disminución de precio aceleró el desarrollo de nuevas tecnologías donde las propiedades del plástico ABS podrán ser aplicadas ventajosamente.

CAPITULO III

CAPITULO III

"GENERALIDADES SOBRE LOS PLASTICOS A.B.S."

Cuando se desarrollaron los poliestirenos de alto impacto, un significativo aumento ocurrió en el crecimiento de los plásticos de poliestireno debido a su fragilidad.

En una forma semejante, los plásticos de ABS están abriendo nuevos mercados de consumo para los polímeros que contienen estireno, principalmente en aplicaciones domésticas, tacones para zapatos, tubería, comunicaciones y partes para automóvil.

Estos plásticos substituyen muchos componentes de metal, madera y cerámica. El ABS también ha desplazado la mayoría de los plásticos caros en aplicaciones diversas.

COPOLIMÉROS DE ACRILONITRILLO-ESTIRENO

Estos copolímeros son importantes en la constitución de los plásticos ABS.

Las características de copolimerización de éstos 2 monómeros son tales que una composición de aproximadamente de 75 partes de estireno y 24 partes de acrilonitrilo producen un copolímero homogéneo con excelente calidad, claridad y color.

Las variaciones menores de ésta composición se ofrecen comercialmente. En la actualidad existen 3 productores de copolímero de acrilonitrilo-estireno (SAN) en Estados Unidos de América:

Monsanto Co.
Union Carbide
Dow Chemical

Por supuesto, también hay numerosos productores de SAN en Europa y Japón.

Los copolímeros de acrilonitrilo-estireno son transparentes y de alta resistencia química; son similares a los poliestirenos en cuanto a los procesos de fabricación.

Su excelente resistencia a la corrosión, los hacen mas atractivos para muchas aplicaciones como en el caso de baterías ó acumuladores. Su resistencia a la tensión es mucho mejor que la de los poliestirenos.

Debido a éstas propiedades y a su atractivo precio, se desarrollará un crecimiento de éstos plásticos durante la presente década.

POLIESTIRENOS DE ESTIRENO

Aunque los poliestirenos tienen excelente tensión, resistencia a la flexión y alto módulo; su baja resistencia al impacto y - la baja tensión de elongación los hacen frágiles para muchas aplicaciones donde se requiere flexibilidad ó tenacidad. Estas aplicaciones incluyen partes para herramientas, automóviles, juguetes, empaque, etc.; y por lo tanto su desarrollo fué limitado por su carencia de flexibilidad adecuada.

Con la incorporación de hule al poliestireno, se logró la propiedad importante de resistencia al impacto. Esto fué logrado con muy poco esfuerzo, pero para llevar a cabo ésto se requiere el desarrollo de nueva tecnología.

POLIMEROS ABS

Como se mencionó anteriormente, la incorporación del hule mejoró las propiedades de resistencia al impacto del poliestireno. Sin embargo, otras propiedades tales como la tensión y la resistencia a la flexión fueron demasiado bajas, y por consiguiente la propiedad de transparencia se perdió, aunque el último cambio fué de significancia despreciable en la mayoría de los usos para los productos de poliestireno de alto impacto.

La resistencia química y su superficie dura se ve afectada.

Al introducir acrilonitrilo al sistema, se obtuvo un determinado número de mejoras en las propiedades físicas. El acrilonitrilo aporta mejores progresos en flexibilidad sobre un amplio rango de temperaturas, rigidez y resistencia química.

La tensión y la flexión se ven también mejoradas. La transparencia no se mejora, pero ésto no es importante en usos corrientes para el ABS. (1)

En efecto, hasta 1954 no había grados de transparencia del polímero ABS comercialmente.

En los últimos años, los usos de los plásticos ABS han ido aumentando a un ritmo significativo.

En un principio los termoplásticos de ABS fueron de muy poco interés debido a su ausencia de flexibilidad; pero como se fueron sintetizando mejores polímeros; las propiedades de resistencia química y resistencia al calor se superaron, éstos polímeros llegaron a ser de interés.

La combinación de excelente flexibilidad; unida con la rigidez y la buena estabilidad dimensional, junto con el fácil proceso de fabricación y buena resistencia química, han hecho de los plásticos ABS el material ideal para la industria plástica en general.

Con el aumento de los grados del polímero ABS, se produjo una reducción en el precio de venta. Mientras que el precio de otros materiales termoplásticos tales como los nylons, celulósicos, poliacetales, y policarbonatos han permanecido relativamente altos.

CAPITULO IV

CAPITULO IV

PROPIEDADES

Propiedades físicas y químicas. Estructura. Tipos de polímeros ABS. Reacciones de polimerización. Polímeros mecánicos. Polímeros mezclados. Estabilidad de los polímeros ABS.

Los plásticos ABS se obtienen a partir de 3 monómeros. Estos son los siguientes:

Acrilonitrilo. (Líquido con punto de ebullición de 77.3 C).

Butadieno. (Gas con temperatura de ebullición de -1.4 C).

Estireno. (Líquido con punto de ebullición de 146.2 C). (4).

Las 2 propiedades básicas que caracterizan a los plásticos ABS son las siguientes:

Excelente flexibilidad.

Alta resistencia mecánica.

Todas las variaciones de polímeros ABS tienen éstas 2 propiedades en común.

La resistencia es proporcionada por el componente resinoso, en donde la capacidad absorbida de la mezcla se obtiene de la porción del hule.

La capacidad que absorbe el polímero depende del método de fa

bricación y del diseño. Si se emplean condiciones de fabricación - donde al final se tienen altos esfuerzos y tensiones debido al efecto de alta orientación, el producto será débil en éstas regiones de orientación excesiva.

Para que el producto sea fuerte, debe ser capaz de resistir - la deformación cuando son sujetos a altas tensiones. Las propiedades de alta resistencia mecánica son importantes para ésta propiedad particular.

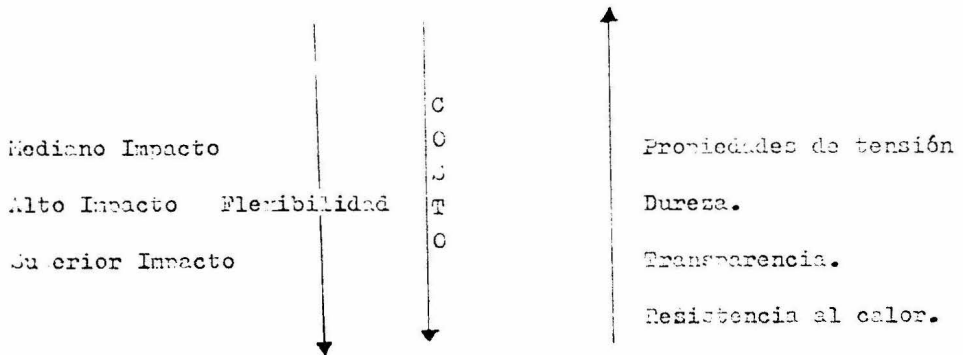
Otras propiedades importantes incluyen resistencia a los efectos de:

Medios químicos y materiales alimenticios.

Temperatura.

Abrasión (raspaduras), etc.

El costo de fabricación es importante para la obtención de -- las propiedades óptimas:



Variación del costo con las propiedades (5).

Propiedades Físicas: (6)

Estado natural.- Gránulos de color y también en forma de polvo para modificaciones con PVC.

Grados de ABS.-Todos los grados son de translúcidos a opacos, y son cinco:

Extra alto impacto

Alto impacto

Mediano impacto

Alta resistencia al calor

Grados de platingo metálico

Densidad.- 1.02--1.03 g/cm³ (7)

Propiedades características de los polímeros ABS: (5).

Precio moderado.

Flexibilidad.

Alta resistencia y rigidez.

Operan a amplios rangos de temperaturas.

Buena resistencia química y al agua.

Resistencia a detergentes, grasas y aceites.

Buena apariencia.

Presentan estabilidad dimensional.

Fácil decoración. (Plateado, barnizado, etc)

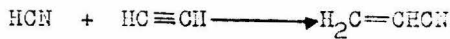
Fácil fabricación. Amplia gama de colores.

No son tóxicos.

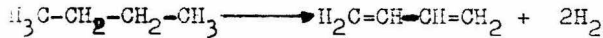
ESTRUCTURA DE LOS PLÁSTICOS ABS.-

Los monómeros son preparados comercialmente por métodos catalíticos.

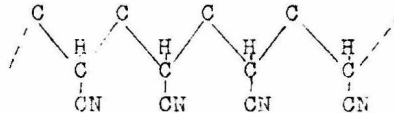
El acrilonitrilo se sintetiza normalmente por la adición de HCN al acetileno como sigue:



El butadieno se prepara por la deshidrogenación catalítica del butano a altas temperaturas



El acrilonitrilo se polimeriza rápidamente para formar un polímero cristalino con la siguiente estructura:

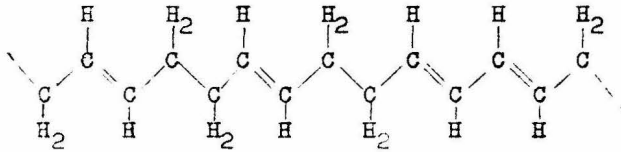


El poliacrilonitrilo es resistente a la mayoría de los compuestos químicos, y solo es atacado por pocas sustancias químicas de alta polaridad.

Como el polímero no es termoplástico, no se puede fabricar empleando equipo convencional. Sin embargo, se puede disolver en dimetil formamida y obtener fibras con propiedades excelentes.

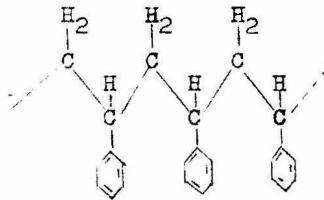
La fibra producida de poliacrilonitrilo ó de copolímeros de acrilonitrilo contienen cantidades de algunos monómeros registrados por la E.I. duPont Co. (Orlon), Monsanto Co. (Chemstrand Acrylan) y otras.

El butadieno se polimeriza para formar polibutadieno, que es un polímero del hule a ciertas temperaturas: (8).



Los polímeros de butadieno contienen uniones insaturadas que dan lugar a la vulcanización. El polímero se vuelve duro y frágil a bajas temperaturas (-75 C).

El monómero de estireno se polimeriza rápidamente para dar poliestireno: (9),(3).



El poliestireno es un sólido amorfo, duro y cristalino que tiene una temperatura de distorsión de 95 C. Arriba de esta temperatura el polímero se vuelve flexible con aspecto de hule.

El poliestireno comercial tiene 2000 unidades monómeras ó eslabones.

Para obtener los plásticos ABS, no se pueden mezclar simplemente éstos 3 polímeros para obtener una combinación óptima en propiedades. Una mezcla mecánica de éstos polímeros produce un sistema amorfo que no es deseable.

El estireno contribuye al buen comportamiento termoplástico ;

el acrilonitrilo aporta la resistencia química y el butadieno contribuye con las características de flexibilidad.

Estos monómeros copolimerizan ó termopolimerizan uno con otro para formar copolímeros ó terpolímeros. Si se combinan los 3 monómeros no se obtienen las propiedades deseadas.

Polimerizando estireno, acrilonitrilo y butadieno simultáneamente en varias combinaciones se obtienen terpolímeros que pueden ser duros ó flexibles (dependiendo de la cantidad de butadieno presente).

Las temperaturas de éstos terpolímeros pueden ser bajas dependiendo del porcentaje de butadieno agregado. Ese porcentaje es entre 20% y 25%; la temperatura de distorsión se reduce a un nivel - abajo de la temperatura de polimerización.

Los plásticos ABS están compuestos de una fase dispersa hecha de polímero de de butadieno, dentro de una fase rígida de copolímero de acrilonitrilo-estireno. La fase dispersa puede, ó no, contener estireno ó acrilonitrilo como un monómero; y puede, ó no, con tener acrilonitrilo-estireno mezclado sobre la fase dispersa. (10)

TIPOS DE POLIMEROS ABS

Existen 2 tipos de polímeros que han sido desarrollados comercialmente:

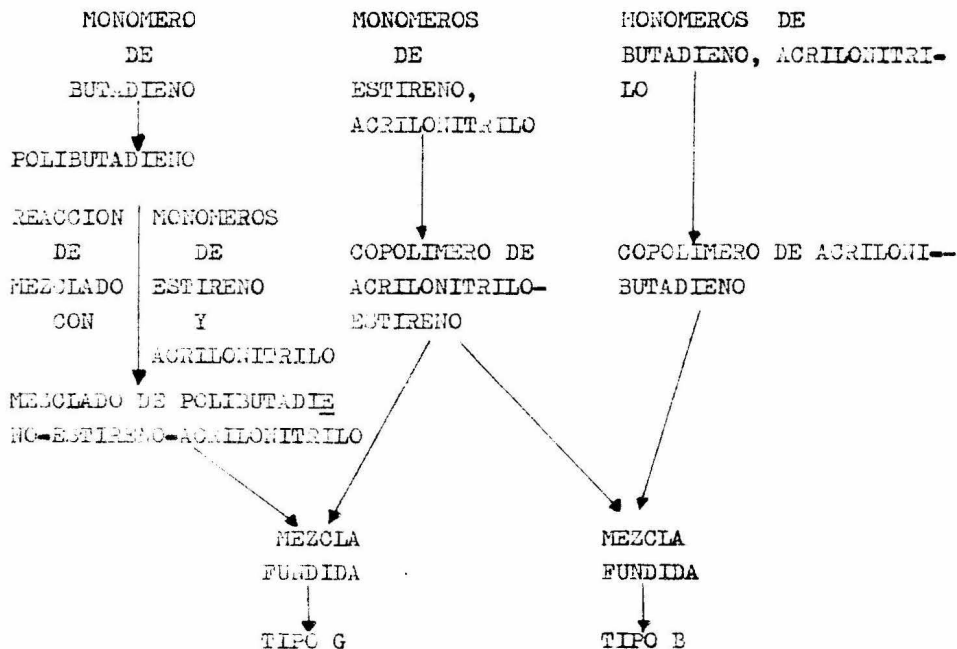
TIPO B

TIPO G

El tipo B (se refiere a "blend"-mezcla).- Es una mezcla mecánica de copolímero de acrilonitrilo-estireno y de acrilonitrilo-butadieno.

El tipo G (se refiere a "graft"-mezclado).- Está compuesto de una mezcla de copolímero de acrilonitrilo-estireno y una mezcla

de acrilonitrilo-estireno sobre polibutadieno incluyendo cantidades de polibutadieno no mezcladas.



El hule, debido a su habilidad de absorber de impacto, es capaz de impartir flexibilidad al polímero. Si la estructura del hule es correcta, y las partículas están bien dispersas en la matriz rígida, las características del hule no se ven afectadas; y son esencialmente las mismas que para el copolímero de estireno-acrilonitrilo. La composición de éste copolímero varía entre 65 y 76.

35 24

El acrilonitrilo imparte la resistencia química y propiedades de tensión y flexión, mientras que el estireno contribuye con las características termoplásticas. (1) (10)

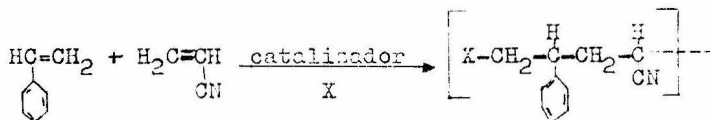
COPOLIMERO DE ESTIRENO-ACRILONITRILLO
(FASE RIGIDA)

El estireno y el acrilonitrilo producirán copolímeros de varias composiciones dependiendo de las propiedades deseadas en el producto final.

La mezcla que contiene una relación de monómeros de 76-24 da la misma composición de copolímero en cualquier conversión. El estireno y el acrilonitrilo cuando se mezclan y polimerizan forman copolímeros en donde se encuentran 2 clases de unidades monómeras en cada cadena polimérica.

REACCIONES DE POLIMERIZACION

La reacción de polimerización se ilustra a continuación. Para iniciar la reacción se requiere la presencia de una sustancia que actúe como catalizador.



Para que el polímero sea claro se emplea la relación 76-24 de estireno acrilonitrilo.

Existen 4 métodos de polimerización para fabricar copolímeros de estireno acrilonitrilo: (9)

- Masa
- Suspensión
- Emulsión
- Solución

El radical libre que producen los catalizadores son los iniciadores que mas se emplean. Estos son los peróxidos orgánicos ó -

hidroperóxidos. Ejemplo de éstos son el peróxido de benzóilo, peróxido de butil terciario, perbenzoato de butil terciario.

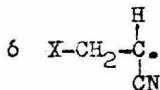
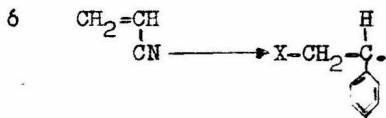
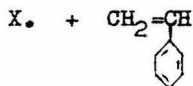
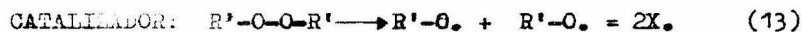
Para la polimerización por emulsión, el catalizador más empleado es el persulfato de potasio. Las principales reacciones que gobiernan a la polimerización por radicales libres son:

Iniciación

Propagación y

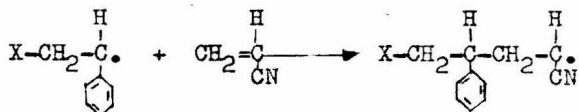
Terminación

La reacción de iniciación empieza con el crecimiento de la cadena. El peróxido iniciador se descompone para formar radicales libres



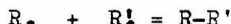
La velocidad de descomposición térmica del peróxido determina la velocidad de la reacción inicial.

Una vez formado el radical del polímero, la propagación de éste radical ocurre por la adición sucesiva a las dobles uniones para formar una sucesión de nuevos radicales.



Esta reacción continúa para agregar unidades monómeras de estireno y/o acrilonitrilo para formar cadenas grandes.

La unión de los radicales determina el fin del crecimiento de la cadena

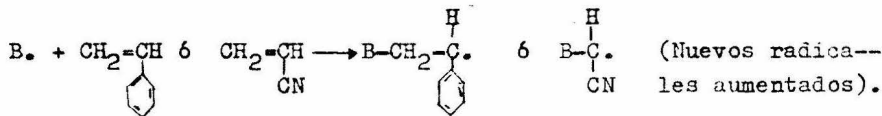
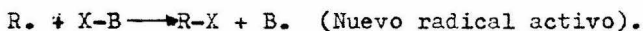


La cadena termina cuando un radical del polímero reacciona -- reacciona con el compuesto de bajo peso molecular por desplazamiento de un átomo activo. Esto determina el fin de la cadena, y se inicia el crecimiento de otra por los nuevos radicales libres formados por la extracción de un átomo.

En otras palabras, los radicales libres no son destruidos y-- la acción es transferida de una cadena al nacimiento de otra:

R \cdot = Radical

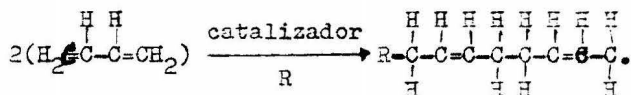
X = Atomo activo



Las variables más importantes que controlan el peso molecular son: temperatura de polimerización, concentración del catalizador y la concentración de transferencia de eslabones. En general a temperaturas más altas se producen más radicales libres; se producen más sitios de iniciación y más radicales para unir eslabones. Por lo tanto se obtiene un polímero de peso molecular más alto.

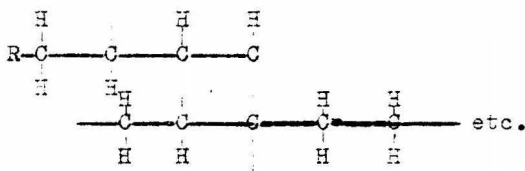
POLIMERIZACION DEL BUTADIENO. (10)
(HULE)

El butadieno polimeriza por radicales libres:



R= Persulfato de potasio.

Cuando la conversión de polibutadieno se detiene a 65% y la recuperación de monómero no reaccionante es mediante destilación, el polímero que se obtiene es termoplástico y sin eslabones cruzados. Sin embargo cuando la reacción continúa sin detenerse, se obtiene un polímero con eslabones cruzados.



Las cadenas cruzadas mejoran la tensión y la flexibilidad.

El método empleado para fabricar polímeros de ABS consiste en:

Mezclar sobre la fase "hule", mezcla de monómero de acrilonitrilo-estireno que tiene la misma composición que el copolímero de estireno-acrilonitrilo en fase rígida. Esto se debe a la polimerización de monómeros de estireno y acrilonitrilo en presencia del látex del polibutadieno. A esto se le conoce por el nombre de copolimerización "graft".

La técnica es la siguiente:

Los monómeros de estireno y acrilonitrilo se agregan al látex del polibutadieno y la mezcla se agita a una temperatura de 50°C.

Esto permite que los monómeros sean absorbidos por las partículas del látex. se agrega, como catalizador, persulfato de pota-

sio para que la polimerización se inicie. Terminada ésta, la emulsión se coagula, se lava y seca el producto que es un polvo blanco.

Se puede agregar copolímero de estireno-acrilonitrilo en ésta etapa. Después de la reacción de mezclado, se obtiene:

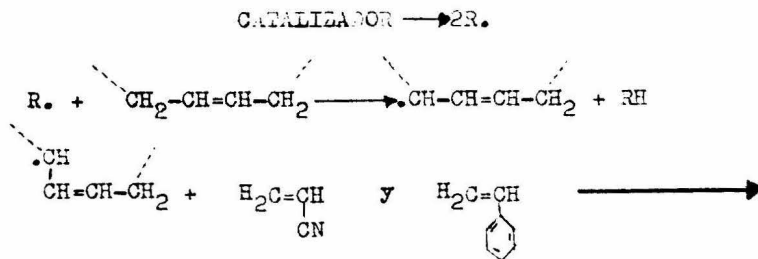
- 1.-Una mezcla de copolímero de estireno-acrilonitrilo.
- 2.-Una mezcla de polibutadieno sobre estireno y acrilonitrilo.
- 3.-Una pequeña cantidad de polibutadieno que no reaccionó.

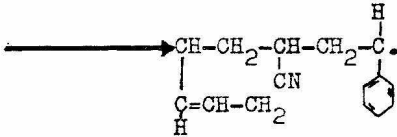
Por la similitud en la composición química entre el copolímero de estireno-acrilonitrilo y los monómeros de estireno y acrilonitrilo sobre la molécula de polibutadieno, éstos 2 componentes son solubles entre sí; por consiguiente mejoran las uniones mecánicas entre la fase rígida y los componentes del hule.

La reacción ocurre cuando un radical libre con cualquier grupo vinilo en el polibutadieno y/o por abstracción de un átomo de hidrógeno, probablemente sobre el hidrógeno alílico del polibutadieno.

Se forma un radical libre sobre la cadena del polímero, el cual puede reaccionar con estireno ó acrilonitrilo para iniciar la reacción.

La reacción es la siguiente:

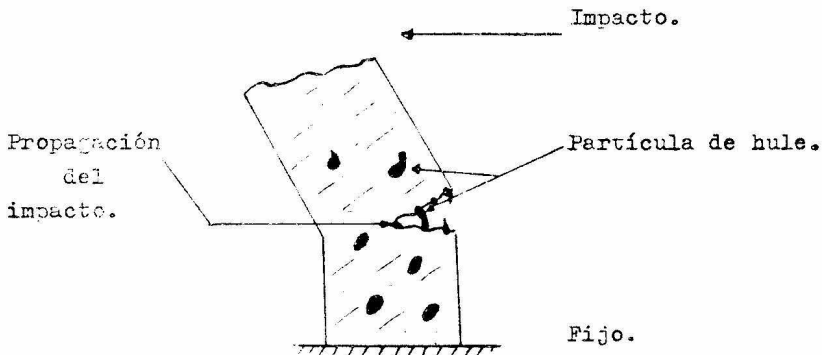




Este polímero es cruzado. El grado de cruzamiento de eslabones ó cadenas, depende de la cantidad de mezclado que ocurre durante la reacción; una estructura de gel indica un alto grado de mezclado.

De importancia vital es el hule que se encuentra en la fase del copolímero de acrilonitrilo-estireno. El hule tiene la energía más grande de absorción, aumentando la resistencia al impacto del polímero ABS. La cantidad de hule está en relación a la resistencia a los golpes. A mayor concentración de hule aumenta la resistencia ó flexibilidad al impacto.

Además el hule evita la propagación del impacto a lo largo de la pieza plástica, evitando que se fracture dicha pieza.



CARACTERISTICAS DE LA FASE DISPERSA'

La fase dispersa (Hule) debe tener: (1)

- Incompatibilidad con la fase rígida.
- Habilidad para absorber energía.
- Buena adhesión entre el hule y la fase rígida.
- Distribución y tamaño de partículas óptimo.
- Baja temperatura (-50 °C).

La adhesión entre el hule y el acrilonitrilo-estireno es influenciada por la incompatibilidad. Si la incompatibilidad es alta no se obtiene buena adhesión.

Por ejemplo; el polibutadieno tiene muy pobre adhesión hacia el copolímero, pero el acrilonitrilo-butadieno tiene buena adhesión hacia el copolímero.

La copolimerización de acrilonitrilo y butadieno produce un hule que tiene la más grande compatibilidad con el copolímero de acrilonitrilo-estireno. Para mejorar la habilidad de un hule a absorber energía, se emplea una tecnología del hule.

En el hule, para tener máxima flexibilidad se requiere un alto grado de cruzamiento de cadenas. Existe un tamaño de partícula óptimo para el hule en los polímeros de ABS. Si la partícula del hule es demasiado grande, se obtiene muy poca flexibilidad ó pobre empleo del hule.

pero cuando esas partículas son demasiado pequeñas ó llegan a ser compatibles con la fase rígida, la flexibilidad aumenta. La composición y el peso molecular deben ser grandes si se desea una resistencia al impacto alta.

La relación de estireno a acrilonitrilo en el copolímero también influye en la resistencia química y en la resistencia a la tensión. La relación adecuada es de 75/24. Si el peso molecular del copolímero es grande, existen problemas de flujo en la máquina

de moldeo por inyección, obteniéndose piezas plásticas con superficies rugosas. Cuando es bajo el peso molecular, entonces se obtiene mejor resistencia química y muy poca flexibilidad; por lo tanto es importante optimizar el peso molecular en la fase rígida del copolímero.

POLÍMEROS MECÁNICOS (TIPO B) (1)

El copolímero cruzado de acrilonitrilo- butadieno es compatible con el copolímero de acrilonitrilo-estireno. Esta compatibilidad se debe a las moléculas de acrilonitrilo en cada componente -- con su alto grado de polaridad y atracción mutua. Estos 2 componentes se colocan sobre un rodillo de molino ó con otro equipo.

El premezclado de los 2 látex de los copolímeros se coagulan, lavan, secan y funden; el hule es rápidamente dispersado parcialmente en el copolímero de acrilonitrilo-estireno. Estos tipos de mezclas de polímeros dan productos polimezclados que tienen bajo punto de fusión y poca resistencia al impacto.

La disolución del hule en la fase rígida del copolímero es -- muy grande; pero cuando el hule es con cruzamiento de eslabones la solubilidad es muy pequeña aunque las propiedades mejoren,.

El producto resultante tiene alta resistencia al impacto y el punto de fusión un poco mas alto. La figura 1 ilustra el efecto al impacto de los polímeros ABS tipo B en sus 2 variaciones lineal y cruzado- mediante el método de prueba Izod.

El método para producir hules altamente gelados, consiste en polimerizar completamente el butadieno-acrilonitrilo durante la polimerización por emulsión. Se agrega una pequeña cantidad de agente gelante para ayudar el crecimiento de las cadenas, y éste agente puede ser el divinil benceno.

Estos látex se pueden mezclar con un látex de estireno-acrilonitrilo; la mezcla coagulada se pasa a un rodillo de molino ó a un

extruder. La cantidad de gelación en el hule de butadieno-acrilonitrilo se puede aumentar agregando un catalizador orgánico, como el hidroperóxido de butilo terciario, mientras se tritura el plástico.

Con ésta técnica la resistencia al impacto aumenta.

En muchas aplicaciones donde se requieren buenas propiedades a bajas temperaturas, una de las técnicas más empleadas consiste en mezclar un hule de alto contenido de acrilonitrilo (35%) y otro de bajo contenido (26%) con resina de acrilonitrilo-estireno. El empleo de tales mezclas mejoran la resistencia al impacto a 0 °C.

POLÍMEROS MEZCLADOS (TIPO G). (1).

Otro método de preparación de polímeros ABS, consiste en polimerizar estireno y acrilonitrilo en presencia de un látex de poli-butadieno. Los polímeros fabricados por éste método se les llaman a veces termopolímeros; sin embargo éste término es incorrecto.

Estos polímeros son mezclas de:

- 1.-Monómeros de estireno-acrilonitrilo mezclados sobre polímero de butadieno.
- 2.-Copolímeros de estireno-acrilonitrilo que se presenta como un componente separado.

Este tipo G es una mezcla de hule, hule sobre monómeros de estireno-acrilonitrilo mezclados y copolímeros de estireno-acrilonitrilo.

Los componentes del hule deben ser cruzados. Si no ocurre gelación, los polímeros son débiles como en el caso del tipo B. El tipo G posee buena resistencia al impacto a bajas temperaturas. El hule tiene muy baja temperatura de transición (-30 °C).

Esto explica porqué el tipo B tiene propiedades muy pobres a bajas temperaturas. Algunas propiedades de los tipos B y G son similares.

La resistencia a la tensión, temperatura de resistencia al impacto, temperatura de distorsión y el módulo son esencialmente las mismas; pero el tipo G tiene resistencia al impacto a bajas temperaturas muy superior debido a las razones ya mencionadas. Ambos tipos se emplean en los procesos de fabricación de extrusión, lamina por prensado y moldeo por inyección. Sin embargo el tipo G produce materiales mejor moldeados.

Las propiedades del tipo G se pueden controlar más fácilmente

ESTABILIDAD DE LOS POLIMEROS A.B.S.

El componente de butadieno que se emplea, es susceptible a un fenómeno de degradación oxidativa en las temperaturas de proceso y fabricación; por consiguiente es importante agregar antioxidante - para prevenir ésto.

Los antioxidantes pueden ser del tipo fenólico ó fosfitos.

Durante la coagulación, el antioxidante se dispersa con las partículas del hule; así que durante el proceso está en contacto con el hule y se mezcla totalmente para darle al hule la protección máxima.

Si no se agrega antioxidante ocurre una degradación excesiva, resultando menos colorido y pocas propiedades físicas en el polímero obtenido.

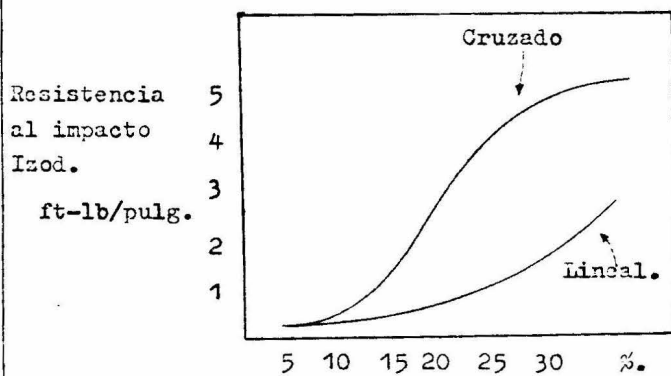


FIG 1.- % DE ACRILONITRILCO-BUTADIENO EN EL TIPO B.

CAPITULO V

CAPITULO V

" PROCESOS PARA OBTENER EL POLIMERO A.B.S. "

Obtención del polímero ABS tipo B.

Obtención del polímero ABS tipo G.

La Naugatuck Chemical Division fué la primera compañía que pa tentó los plásticos ABS en 1948. La compañía produjo los plásticos ABS en Naugatuck, Conn. hasta 1954; y la U.S. Rubber Co. en Baton-Rouge, La., desde 1959.

La Naugatuck Chemical Division, por ejemplo, fabrica alrededor de 15 tipos básicos; los cuales a su vez están representados -- por cientos de grados basados en el color.

La manufactura, esencialmente, requiere de dos procesos de separación: (2).

El primero es la preparación de varios copolímeros por po limerización; y el segundo, el compuesto de éstos copolímeros dentro de los productos terminados. Esto es para ambos tipos, el B y el G.

El tipo B es el mezclado de acrilonitrilo-estireno y de butadieno-acrilonitrilo. El tipo G es el polímero polimezclado.

El tipo B requiere dos procesos de po limerización: la preparación del copolímero de estireno-acrilonitrilo y de la preparación de un copolímero de hule de butadieno-acrilonitrilo.

El copolímero de estireno-acrilonitrilo se puede hacer por -- los procesos de emulsión, suspensión, masa ó solución.

El hule de butadieno-acrilonitrilo es hecho por la polimerización por emulsión.

En el tipo G, el polibutadieno y el hule se mezclan por los - procesos de emulsión. El copolímero de estireno-acrilonitrilo se - emplea para mezclarse con los anteriores por el proceso de emulsión ya que en éste proceso la mezcla es más fácil.

MANUFACTURA DEL POLIMERO ABS TIPO B. (2). (11).

La preparación de éste tipo de polímero involucra la mezcla - de una fase rígida compuesta de copolímero estireno-acrilonitrilo - y de una fase de hule compuesta de copolímero de butadieno-acrilo - nitrilo.

Se emplean 2 técnicas para preparar éste tipo B:

1.-Una simple mezcla fundida de acrilonitrilo-butadieno con copolímero de acrilonitrilo-estireno, ó

2.-La mezcla de un látex de copolímero de estireno-acrilonitrilo y un látex de copolímero de butadieno-acrilonitrilo, seguida por una coagulación de los látex, mezclados, lavados y secados; y - de una composición subsecuente del mezclado para dar el polímero - final.

Copolimerización de acrilonitrilo-estireno.- (11).

Los copolímeros de estireno-acrilonitrilo son producidos por - los procesos de polimerización de masa ó solución. Estos copolíme - ros contienen de 24% a 30% de acrilonitrilo.

La Dow Chemical Co. desarrolló un proceso para la preparación del copolímero de estireno-acrilonitrilo. Este proceso involucra - una copolimerización de 2 monómeros con un alto porcentaje de sólidos en solución, y simultáneamente se mantiene buena homogeneidad-

de las especies del copolímero, Figura 2.

En éste proceso los solventes utilizados aseguran un balance entre las velocidades de reacción y el eslabón ó cadena transferida, con las velocidades de reacción que se obtienen a niveles comerciales. El proceso es continuo. Con los reactantes (estireno y acrilonitrilo) y el solvente alimentado a un "loop" de recirculación de una solución de polímero del 20% en peso que se mantiene a 150 C.- mediante un cambiador de calor. Se obtienen velocidades de copolimerización de 120% de conversión por hora.

Un rodillo de molino tipo extruder llamado "plastruder" recupera los volátiles (solventes y monómeros no reaccionantes) a presiones reducidas para recirculación hacia el reactor.

Este sistema es adecuado para producir copolímeros de composición homogénea.

Una bomba recircula la mezcla de polimerización a través de un intercambiador de calor; a su vez mezcla los nuevos monómeros alimentados con una solución acuosa de polímeros. En éste equipo, las polimerizaciones son a altas temperaturas y a altas presiones.

Los volátiles se recuperan por medio de un condensador. Los monómeros recuperados y los solventes son recirculados hacia el polimerizador con nuevos monómeros alimentados que se agregan simultáneamente. El polímero del "plastruder" se pasa a un evaporador para formar filamentos que se enfrían y cortan en trozos. Este copolímero se puede empacar y vender como tal, ó bien, se puede emplear para manufacturar artículos plásticos de ABS.

COPOLIMERIZACIÓN POR EMULSION DEL ACRILONITRILCO-ESTIRENO.-

Los monómeros de estireno y acrilonitrilo dispersos en un medio acuoso y en presencia de un emulsificador y un látex, copolimerizan rápidamente para formar el látex estable del copolímero. Es

te tipo de proceso ofrece muchas ventajas sobre el proceso anterior

La reacción ocurre rápidamente en un reactor enchaquetado; y es muy rápida debido al calor de copolimerización que se substituye por el enfriamiento de la chaqueta y/ó enfriamiento por reflujo

Esto permite excelentes controles de temperaturas de copolimerización.

La copolimerización por emulsión es diferente a la copolimerización por masa. La copolimerización es rápida con productos de elevado peso molecular.

Controlando el método ó proceso y la velocidad de adición del monómero, se puede obtener un copolímero homogéneo. Los reactores de polimerización son de acero inoxidable. Esta copolimerización se puede llevar a cabo con condiciones de presión atmosférica.

Algunos de los monómeros se pueden agregar inicialmente con emulsificador, catalizador, etc.; ó todos los ingredientes pueden ser agregados continuamente a través de la reacción. El catalizador se puede agregar inicialmente ó continuamente y la copolimerización se inicia rápidamente. El persulfato de potasio es el catalizador preferido, y es importante que una solución de agua de ese catalizador deba emplearse. Debido a que el agua se descompone y pierde lentamente su actividad, se recomienda emplear agua no ionizada.

El calor de reacción exotérmico es frecuentemente suficiente para mantener el reflujo

El tiempo de adición es de 2 horas. Cualquier monómero no reaccionante se puede recuperar rápidamente por destilación. Después de la destilación, el monómero se enfría a bajas temperaturas, Es entonces descargado a un tanque que está provisto de un agitador.

El polímero hecho por ésta técnica se lava y seca; después se puede mezclar directamente con hule de butadieno-acrilonitrilo.

sin embargo es más común mezclar éste látex con un látex de-

copolímero de butadieno-acrilonitrilo. Esta mezcla es entonces -- coagulada, lavada y secada. (11) (2).

MANUFACTURA DEL COPOLIMERO DE BUTADIENO-ACRILONITRILLO.-

El proceso de emulsión para producir el copolímero de butadieno-acrilonitrilo fué desarrollado en la década de los 40's.

Una mezcla de monómeros de butadieno y acrilonitrilo se agrega al agua que contiene el emulsificador (estearato de sodio), el catalizador (persulfato de potasio) y un modificador (dodecil mercaptan terciario). El reactor está provisto de un agitador y la polimerización se lleva a cabo con la atmósfera libre de oxígeno.

La temperatura es de 41 C-180 C (la que se recomienda es la de 105 C). El butadieno es gaseoso en éstas condiciones; la reacción es bajo presión y el reactor está diseñado para mantener ésta presión. La temperatura se controla por medio de un líquido enfriador que circula a través de la chaqueta del reactor. En la conversión deseada (75%), la reacción se detiene usando dicarbonato de sodio.

El tiempo total de reacción es de 17 horas y los monómeros -- que no reaccionaron son recuperados en un stripper usando vapor y vacío. El látex del hule es entonces colocado en un tanque de almacenamiento. El contenido de acrilonitrilo en el polímero es de 30%. (11).

Mezclado del copolímero.-

Después de la polimerización, los látex de estireno-acrilonitrilo y butadieno-acrilonitrilo se mezcla en una proporción correcta por simples corras de latex al tanque de mezclado. Es importante, en ésta etapa, agregar un antioxidante generalmente empleado en forma de emulsión.

El antioxidante es de tipo fenólic ó fosfito. Se requiere una parte de antioxidante por cien partes de mezcla. La coagulación de los látex mezclados es en presencia de un ácido ó una sal.

El producto de la floculación es lavado con el fin de quitar los residuos solubles en agua, se filtra y seca. Finalmente se lleva el producto al almacén. En los procesos anteriores se emplean varios aditivos como lubricantes; pigmentos y en algunos casos se agregan cantidades adicionales de antioxidante.

El producto terminado está listo para el empaque y el envío a los centros de consumo.

La figura 3 ilustra el proceso que la U.S. Rubber Co. emplea para la fabricación del polímero ABS. (2).

MANUFACTURA DE POLIMEROS ABS TIPO G.

El tipo G se prepara mezclando los monómeros de estireno y acrilonitrilo sobre un hule compuesto de polibutadieno. Esta mezcla a su vez se mezcla con copolímero de estireno-acrilonitrilo. Este tipo se prepara por la polimerización por emulsión.

El proceso es similar al del copolímero de butadieno-acrilonitrilo. El equipo es idéntico en muchos aspectos.

El monómero de butadieno; después de lavado caústico, para remover inhibidores disueltos, se polimeriza por la técnica de emulsión para formar polibutadieno. El butadieno no reaccionante es volatilizado y recuperado.

A éste látex de polibutadieno se le agregan los monómeros de estireno y acrilonitrilo, así como un buen emulsificador, catalizador y agentes de transferencia de eslabones. Esta reacción se lleva a cabo a 120 F, bajo presión. La relación de monómeros de estireno y acrilonitrilo a polibutadieno, varía de 2 a 1 dependiendo de las propiedades finales deseadas.

El estireno y el acrilonitrilo son copolimerizados en presencia de butadieno. Se agrega también un antioxidante a éste látex. Se puede mezclar después con un látex de copolímero de estireno-acrilonitrilo ó bien se puede coagular y recuperar separadamente,.

La figura 4 describe éste proceso utilizado por la U.S Rubber Co. en su planta de Baton Rouge, Louisiana E.U. (2).

Para aplicaciones de moldeo ó extrusión de láminas, los polímeros de ABS se venden en forma de cuadritos. Estas formas son de 0.08 pulgadas a 0.110 pulgadas en diámetro y longitud. Los copolímeros son premezclados con aditivos como colorantes, lubricantes y un posible antioxidante se agrega.

. Esta mezcla se alimenta a un cilindro caliente y se mezcla -- por una combinación de calor externo y por las fuerzas de compresión y rotación del extruder. Estas fuerzas llevan el plástico meclado a través del barril del extruder hasta que sale ó emerge del fondo del extruder a través de un recipiente que contiene muchos erificios.

Los filamentos resultantes son enfriados con aire ó agua y se transportan hacia el almacén.

Se emplean extruders cilíndricos ó extruders gemelos del tipo "intermeshing". El tamaño de los extruders simples varían hasta - en 8 pulgadas. La cantidad más alta que se alcanza en los extru -- ders es de 1000 lb/h para máquinas grandes.

Con frecuencia se emplea un extruder que esté provisto de una ventosa (salida) para eliminar algunos volátiles indeseables. Estos volátiles son huellas de humedad, solventes, componentes monoméricos y gases absorbidos.

En algunos procesos es mas deseable usar un Bambury que un extruder para operación de mezclado. En el proceso de extrusión, los copolímeros son mezclados con antioxidantes, colorantes y lubricantes. La mezcla es alimentada a un Bambury (Mezclador), el polímero-fundido es alimentado continuamente sobre un rodillo de molino que forma una hoja ó lámina continua que se corta en trocitos. Estos - trocitos se lubrican externamente cuando se venden para fines de - moldeo. El producto final es empacado en bolsas (50 libras), tambores (200 libras) y recipientes grandes (1000 libras). (10).

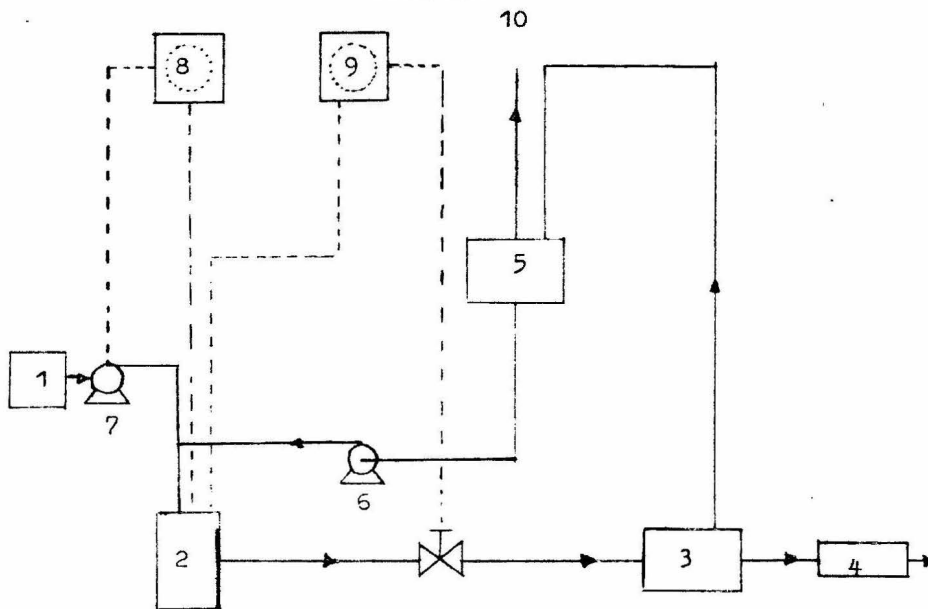
POLÍMEROS DE ALTA RESISTENCIA

Los polimerizadores de ABS tienen altas temperaturas de distorción y se aplican para productos que contengan alta resistencia al calor.

Estos polimezclados de ABS difieren de los otros en que contienen alfa-metil-estireno en lugar del monómero de estireno.

Los procesos utilizados para fabricar éste tipo de polímero - ABS son similares a los descritos para los tipos de ABS convencionales.

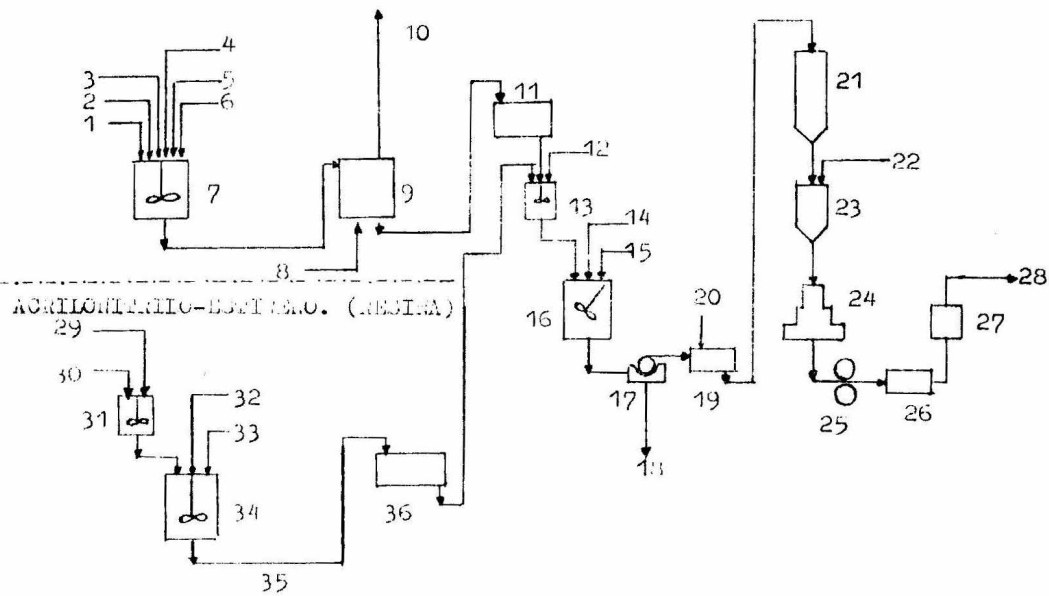
FIG 2.-PROCESO DE COPOLIMERIZACION VIA RECIRCULACION
CONTINUA



- 1.-Mezclador de monómeros.
- 2.-Polimerizador.
- 3.-Desvolatilizador.
- 4.-Producto.
- 5.-Condensador.
- 6.-Bomba de recirculación.
- 7.-Bomba alimentadora.
- 8.-Control de viscosidad.
- 9.-Control de presión.
- 10.-Vacío.

TESIS PROFESIONAL
"Tecnología del A.B.S." 1974.
Valencia Rodríguez José Isabel.
Fac. de Ciencias Químicas. UNAM.

FIG 3.-POLIMERIZACIÓN DE ACRILONITRILLO-BUTADIENO. (BULE).



ACTIS PROFESIONAL

"Tecnología del A.B.S." 1974.

Valencia Editores José Isabel.

Dep. de Ciencias Químicas. UNIV.

DESCRIPCION DE LA FIGURA 3

Polimerización del hule de acrilonitrilo-butadieno.

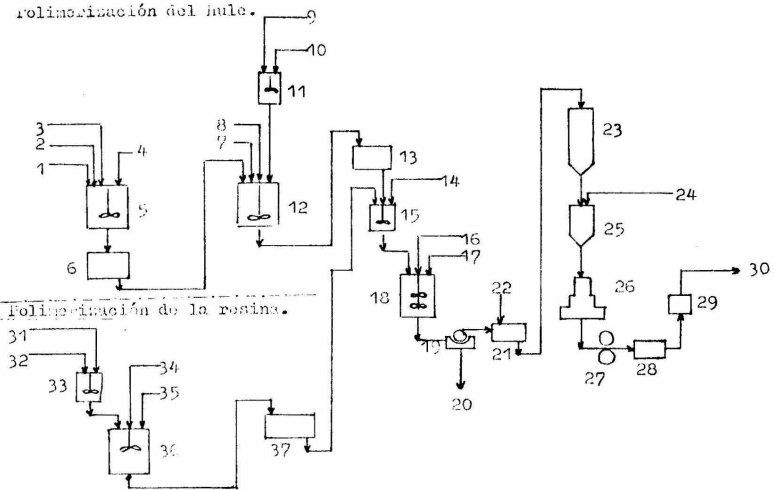
- 1.- Acrilonitrilo.
- 2.- Butadieno.
- 3.- Modificadores.
- 4.- Solución catalítica.
- 5.- Solución emulsificadora.
- 6.- Inhibidores.
- 7.- Reactor de polimerización.
- 8.- Vapor.
- 9.- Separador.
- 10.- Recuperación de monómeros.
- 11.- Almacenamiento de látex de hule.
- 12.- Antioxidante.
- 13.- Tanque de mezclado de látex.
- 14.- Coagulante.
- 15.- Agua.
- 16.- Tanque de coagulación.
- 17.- Filtro.
- 18.- Solución de agua.
- 19.- Secador.
- 20.- Aire caliente.
- 21.- Depósito de polímero seco.
- 22.- Pigmentos, colorantes, etc.
- 23.- Mezclador.
- 24.- Mezclador Banbury.
- 25.- Rodillos de molino.
- 26.- Cortador. (Se corta en cuadritos).
- 27.- Empaque.
- 28.- Almacén.

Polimerización de la resina de acrilonitrilo-estireno.

- 29.- Estireno.
- 30.- Acrilonitrilo.
- 31.- Tanque mezclador de monómeros.
- 32.- Solución catalítica.
- 33.- Solución emulsificadora.
- 34.- Reactor de polimerización.
- 35.- Látex de resina.
- 36.- Almacén del látex.

FIG. 4.-POLIMERIZACION EN LAS FASES G.

rolaminación del hule.



DEPTO. DE INVESTIGACIONES
 QUÍMICAS DEL I. Q. Q. S. 1974
 VALIENOR RODRÍGUEZ GARCÍA
 FAC. DE CIENCIAS QUÍMICAS, UNAM

DESCRIPCION DE LA FIGURA 4

Polimerización del hule.

- 1.- Butadieno.
 - 2.- Modificadores.
 - 3.- Solución catalítica.
 - 4.- Solución emulsificadora.
 - 5.- Reactor del butadieno. (polimerización del butadieno).
 - 6.- Almacén del látex de polibutadieno.
 - 7.- Solución catalítica.
 - 3.- Solución emulsificadora.
 - 9.- Estireno.
 - 10.- Acrilonitrilo.
 - 11.- Tanque mezclador de monómeros.
 - 12.- Reactor de mezclado.
 - 13.- Almacén de látex de hule.
 - 14.- Antioxidante.
 - 15.- Tanque de mezclado del látex.
 - 16.- Coagulante.
 - 17.- Agua.
 - 18.- Tanque de coagulación.
 - 19.- Filtro.
 - 20.- Solución de agua.
 - 21.- Secador.
 - 22.- Aire seco.
 - 23.- Almacén del polímero seco.
 - 24.- Pigmentos, colorantes, etc.
 - 25.- Mezclador.
 - 26.- Mezclador Banbury.
 - 27.- Rodillos de molino.
 - 28.- Cortador. (Se corta el polímero en cuadritos).
 - 29.- Empaque.
 - 30.- Almacén.
- Polimerización de la resina.
- 31.- Estireno.
 - 32.- Acrilonitrilo.
 - 33.- Tanque mezclador.
 - 34.- Solución catalítica.
 - 35.- Solución emulsificadora.
 - 36.- Reactor de polimerización.
 - 37.- Almacén.

CAPITULO VI

CAPITULO VI

"TECNICAS DE FORMADO Y ACABADO DE LOS PLASTICOS A.B.S."

Moldeo por inyección. Método de extrusión.
 Termoformado de láminas. Prensado de láminas con calandria. Técnicas de decoración.
 Cromoplateado de los plásticos ABS. Producción de espumas de ABS.

Las técnicas de formado y acabado que se emplean en los plásticos de ABS son: (12)

Moldeo por inyección.

Extrusión de láminas, perfiles y tubería.

Termoformado de láminas.

Prensado de láminas.

La técnica de moldeo por inyección requiere el empleo de plástico ABS en forma de gránulos. El formado al vacío y otras técnicas requieren de láminas delgadas. Estas láminas se pueden hacer por los métodos de extrusión ó prensado.

Las láminas fabricadas por prensado (planchado ó laminado), son delgadas debido a la incapacidad de la operación de hacer láminas más gruesas. Para que éstas láminas sean más gruesas, se requiere laminar varias hojas juntas, con presión y calor, para las dimensiones que se deseen.

En el moldeo por inyección se emplean altas presiones con tem

temperaturas grandes hasta de 600 F; pero en la práctica se emplean temperaturas menores.

A continuación se describen los métodos arriba mencionados explicados con mayor detalle:

MOLDEO POR INYECCION. (13).

Es el método que mas se emplea para la manufactura de piezas plásticas del polímero ABS. Esta técnica es relativamente simple:

El plástico en forma de bolitas, cuadritos, gránulos ó polvo se alimenta a un cilindro caliente donde se funde y mezcla. El material fundido es forzado por un martillo hidráulico, y, con suficiente presión es llevado a un recipiente frío, después se llena el molde con el plástico.

Después de que el plástico se solidifica y toma la forma del molde, éste se quita. En la operación inversa el polímero se alimenta a una cámara caliente donde es fundido. Con el martillo hidráulico moviéndose hacia delante, el polímero fundido es otra vez inyectado dentro del molde: y así sucesivamente se repite la operación. El proceso es continuo

Existen varias clases de máquinas de moldeo por inyección:

Máquina de martillo hidráulico.- Esta máquina emplea la técnica más simple de moldeo por inyección que ya se describió.

Máquina de martillo provista de plastificador.- Este tipo de máquina es básicamente el mismo que el anterior, excepto que el plástico se funde antes de alimentarse a la cámara de inyección.

Máquina de rosca.- Estas máquinas varían de las anteriores en que utilizan una rosca para plastificación en forma similar a un extruador. Existen dos variedades de éstas máquinas:

Máquina con inyección directa.- La rosca se mueve hacia delante sin rotar, empuja el material a través de los orificios hacia el interior del molde; como se retracta , gira y plastifica nuevos materiales en preparación para la siguiente inyección.

Máquina con rosca de plastificación.- La rosca reemplaza a la cámara de fundido primario de una máquina de plastificación regular. La operación de inyección es la misma que en las máquinas anteriores.

Las máquinas de cilindro son capaces de plastificar polímero a bajas temperaturas. El polímero se funde uniformemente, es por eso, que el material se puede inyectar a muy bajas presiones. Esto debe a la sensibilidad térmica del ABS. Las capacidades de éstas máquinas varían desde 2 onzas hasta 300 onzas.

Para precalentar el material normalmente se emplea aire caliente. Para éste caso de polímero ABS, se recomienda secar el material. Como el plástico tiene la tendencia a absorber humedad, se sugiere quitarla antes de la operación de moldeo. El secado del material se lleva a cabo en 2 horas y a una temperatura de 80 C.

Diseño del molde.- (12).

La mayoría de los moldes para la operación de inyección, consisten de 2 partes principales:

Las secciones estacionarias y las partes móviles correspondientes a los extremos de un molde de compresión. En cada sección están localizados los elementos necesarios para formar la parte plástica. Se incluyen cuchillas y canales de enfriamiento de agua.

Otro tipo de molde es el de plato desmantelado. Este sirve para quitar piezas de paredes delgadas del molde ; y es el que más se emplea en la práctica ya que minimiza los golpes. Los moldes de inyección han sido desarrollados con mecanismo automático construido dentro de las partes móviles de la herramienta ó instrumento. Esto se usa para producir filamentos.

Las máquinas convierten los gránulos de plástico a un estado de fusión, en el cilindro caliente, y libera el polímero fundido - a través de unos orificios bajo la acción de altas presiones ejercidas por el pistón.

Como el plástico sale de los orificios, el molde debe cumplir con las siguientes funciones:

1.- Las cavidades del molde deben estar fijas y en posición correcta con respecto al orificio, para que el plástico llegue a la base del molde.

2.- Debe tener entradas el interior del molde.

3.- Distribuir el plástico fundido hacia los huecos del molde.

4.- Controlar el flujo del plástico dentro de las cavidades empleando una puerta ó entrada.

5.- Poseer medios para controlar tamaño y forma del artículo moldeado.

6.- Controlar la temperatura de la superficie del molde -- con agua para enfriar el plástico a un estado rígido.

7.- Tener medios de formado automático, secciones de corte para los filamentos del plástico.

8.- Quitar las partes moldeadas de las cavidades ó huecos - del molde por medio de eyectores ó por un mecanismo de knock out.

9.- Poseer mecanismos automáticos en los molde, para separar la parte moldeada de los bebederos del molde.

10.- Medios para preparar automáticamente las cavidades y el molde para el siguiente ciclo. Esta es la función del eyector - push-back.

Características del molde: (12).

Espesor: Es veinte veces el espesor de la lámina que se desea obtener.

Ancho: De 3-6 pulgadas más grande que el ancho de la lámina deseada

Técnica del moldeo por inyección:

Existen 3 variables inherentes en el proceso de moldeo por inyección, y son:

Temperatura
Presión y
Tiempo

Estas variables son interdependiente, y un cambio en una afectará a las otras. El moldeo por inyección consiste en equilibrar - éstas 3 variables. Mientras un extremo de la máquina está sometido a procesos de calor, el otro se está enfriando simultáneamente.

Lo mismo sucede con la presión. Todo ésto ocurre a un mismo tiempo.

La figura 5 ilustra el moldeo por inyección y el balance de -- de temperatura, presión y tiempo. El proceso es sumamente complicado, por lo que es importante anticipar el problema; para utilizar el termoplástico a un tiempo determinado.

EXTRUSION DE LAMINAS, TUBERIAS Y PERFILES (13).

Esta técnica es esencialmente la misma que la que se emplea - en la extrusión de plásticos de estireno.

La técnica es la siguiente:

El plástico ABS en forma de gránulos se alimenta a un extruder; el cual está calentado por medios externos, después los gránulos se funden, las fuerzas de rotación y compresión llevan el plás

tico fundido hacia el depósito del extruder. La lámina del molde se adhiere al extruder. Tan pronto como la lámina del molde emerge, se transporta mediante rodillos cubiertos con hule. La lámina se transporta a una cuchilla para cortarlas a longitudes deseadas. Es láminas están listas para la operación de termoformado.

El equipo empleado en la extrusión consiste de:

- 1.- Un secador capaz de reducir el contenido de humedad del plástico a 0.03% .
- 2.- Un extruder calentado por aceite ó electricidad.
- 3.- Un molde laminador.
- 4.- Un sistema de rodillos.
- 5.- Un equipo cortador de láminas.
- 6.- Un dispositivo de almacenamiento.

La figura 6 describe éste equipo.

Las condiciones son las siguientes: (12).

Tiempo de secado : 4 horas .
 Temperatura: 80-90 C.
 Cantidad de humedad: 0.05-0.09 % .

Secado de la pre-extrusión.- (12).

El fin de éste secado es quitar la humedad de los gránulos de plástico. El máximo nivel de humedad que se requiere para la extrusión de láminas es de 0,03% . El presecado se puede mejorar --- empleando aire caliente. La temperatura de presecado que normalmente se usa para quitar la humedad es de 215 F. Esta temperatura mejora la extrusión; y cuando es constante, la operación de extrusión es mas uniforme.

Extruder .- (12).

Los extruders empleados en ésta técnica varían hasta en 6 pulgadas de diámetro. Las unidades empleadas en el laboratorio son generalmente de tamaño de 1.5 y 2.5 pulgadas. La cantidad de lámina es afectada por la velocidad, y ésta depende de las propiedades finales y de la apariencia deseada.

Rosca de extrusión .- (12).

La rosca es la parte más importante del extruder. Cuando la rosca del extruder está girando, el plástico fundido es transportado a la máquina. Algo de la energía mecánica del movimiento de la rosca se convierte en energía calorífica que ayuda a fundir el plástico. El calor se aplica externamente. La rosca comprime al plástico a su máxima densidad y lo transporta hacia el molde laminador.

Las roscas (de alta compresión y mezclado interno) empleadas para el estireno de alto impacto, no son aceptables para la extrusión de los plástico ABS debido a sus altas temperaturas de choque desarrolladas.

Las roscas de extrusión para plásticos ABS deben tener doble canal con el fin de mejorar la cantidad de producto que se desea obtener. Debido a la alta viscosidad de los plásticos ABS, las roscas desarrollan bajos esfuerzos cortantes y por consiguiente dan menores temperaturas de fusión. Esto es de suma importancia ya que los plásticos ABS tienen menor estabilidad térmica que los polímeros del poliestireno .

Los extruders tienen relaciones de longitud a diámetro. Las principales relaciones son: 20:1 y 24:1 ; pero pueden emplearse extruders de relación más corta, por ejemplo los de 13:1, en donde se tiene un calentamiento más uniforme.

La relación de compresión se define como el volumen alimentado en la descarga. Si la relación de compresión es muy baja, la -

superficie de la lámina es áspera y tiene huecos. Esto se debe a la entrada de volátiles que son llevados a través del extruder.

Se emplean 2 sistemas de extrusión en la manufactura de plásticos ABS (láminas-):

- 1.- Utiliza una extrusión caliente en la etapa simple.
- 2.- Emplea un extruder caliente de 2 etapas.

El segundo sistema es el mas empleado, principalmente en instalaciones nuevas en donde los volátiles pueden salir mas rápido mediante ventosas, y la calidad del producto se puede controlar con mayor facilidad.

Placa del extruder.- (13).

Esta placa está situada a la salida del barril del extruder ; actúa como soporte de la pantalla ó tamiz. Esta pantalla es con el fin de eliminar la contaminación del fundido. El tamaño de la pantalla se determina por la cantidad de contaminante.

La placa ayuda a desarrollar presiones más grandes, las cuales ayudan a homogeneizar la mezcla fundida.

Moldes para laminado por extrusión.- (13).

Se utilizan moldes estándar. Estos deberán de tener un molde interior que es de cromoplateado y pulido. La temperatura del molde deberá ser ajustada para dar una superficie de pulido óptimo; y ésta temperatura es de 400-450 F. El material se degrada cuando se expone al oxígeno, principalmente cuando se encuentra cerca de una abertura del molde. Se ajusta el indicador para usar la barra distribuidora. Esta barra se emplea para desviar el flujo del material plástico del centro del molde a los extremos del mismo. Esto dá lugar a un flujo de plástico uniforme desde los labios del molde. Se requieren superficies cromoplateadas en el molde inte-

rior para la extrusión de láminas de alto grado de brillantez.

El brillo de las láminas es más alto que el de las láminas pulidas con los labios de los moldes de acero. La cantidad de extrusión depende del tamaño del extruder y de las RPM.

A continuación se describen las dimensiones y las capacidades de los diferentes tamaños de extruder

TAMAÑO DEL EXTRUDER	2.5 pulg.	3.5 pulg.	4.5 pulg.
CANTIDAD EN LB/HR.	100-175	190-300	400-650
ANCHO DE LA LÁMINA (mm)	20-32	30-48	40-72.

Equipo.-

El equipo para producir láminas por el método de extrusión se muestra en la figura 6, y consiste de:

Tres rodillos cromoplateados enfriadores y dos rodillos recubiertos con hule. El plástico va encima del rodillo medio y permanece en contacto con éste rodillo; gira aproximadamente 180° y después se dirige hacia el rodillo inferior, y vuelve a girar otros 180°.

El rodillo superior deberá estar lo más caliente posible sin causar adherencia; el intermedio debe estar frío para quitar ó levantar un lado de la lámina, para que la superficie de la lámina pueda ser pulida por el rodillo inferior. Este rodillo inferior deberá estar caliente.

La lámina que sale de éstos rodillos cromoplateados (metálicos), es flexible y se vuelve a pulir por otro tipo de rodillos.

La temperatura de la superficie de la lámina se debe mantener a 120 F en el rodillo intermedio y a 100 F en el inferior. Como último paso del proceso, se tiene un cortador de láminas. Estas láminas se llevan al almacén.

Almacenamiento de las láminas .-

Las láminas de ABS deben de ser almacenadas bajo condiciones mínimas de humedad. Esta humedad causa agujeros ó perforaciones en la lámina formada. La humedad es mucho mas crítica para espesores de lámina de 0.250 pulg. que para las de espesor de 0.100 pulg.

En éstas condiciones de bajo contenido, las láminas de ABS se pueden almacenar por largos periodos de tiempo sin sufrir descomposiciones. En climas de alto contenido de humedad, la lámina deberá ser enrollada en películas de polietileno. Con todo ésto la lámina absorbe muy poca humedad en un periodo de 2 meses. Si la lámina es termoformada en 4 ó 5 días después de la extrusión, no requiere protección. Los orificios ó agujeros de la lámina se pueden reducir por un secado con aire seco.

TERMOFORMADO DE LAMINAS. (12) (13)

La técnica de termoformado es uno de los más simples métodos para manufacturar productos de ABS. La operación involucra láminas de ABS calientes a una temperatura de superficie de 300 F-400 F para hacer que la lámina se ablande y pueda rápidamente termoformarse.

El termoformado es acompañado por la aplicación de :

Fuerzas mecánicas.

Vacío.

Aire presurizado sobre la lámina de plástico caliente.

El termoformado al vacío es el que más se emplea.

Termoformado al vacío.- (14).

El termoformado al vacío implica el formado con calor de una-

lámina termoplástica hacia los contornos de un molde por agotamiento de aire desde un área que está entre la superficie del molde y la lámina del plástico. Esto se lleva a cabo mediante la aplicación de un vacío a través de pequeños orificios de la cavidad del molde.

La técnica incluye los siguientes pasos:

-Un soporte con esfuerzo adecuado y una presión para mantener para mantener a la lámina en un lugar fijo durante la operación de formado.

-Después de que la lámina se sujeta en el soporte, el más caliente de los calentadores se lleva hacia delante para que la lámina tenga la temperatura de termoformado al vacío.

Se emplea una fuente de calor radiante y se usa un calentador del tipo Cal-rod. La lámina es calentada rápidamente, y las variaciones de temperatura se mantienen a través de la lámina. Se necesita un buen control de la intensidad del calor, y del tiempo de calentamiento para continuar la producción de artículos de alta calidad.

La mayoría de la maquinaria al vacío es automática. Todo el equipo emplea bridas de soporte para tener fija la lámina durante la operación de calentamiento, formado y enfriado. Se emplea una unidad de calentamiento que proporciona calor a la lámina y lo lleva a un punto de ablandamiento; un sistema de vacío para evitar tener huecos y tener un rápido rendimiento de la lámina sobre el formato del molde.

Las principales variables que influyen en las condiciones del método son: (13).

Temperatura de la lámina.

Tipo e intensidad de la fuente calorífica.

Propiedades de absorción de calor de la lámina.

Conductividad térmica de la lámina

Estabilidad térmica de la lámina.

Contenido de humedad de la lámina.

Es necesario entender estas propiedades para poder controlar la calidad del producto final.

La técnica empieza cuando el operador coloca la lámina de plástico a través del molde ; y la máquina prensa la lámina y la envía al calentador a intervalos de tiempo.

Después de que la lámina ha sido calentada, se abre la válvula de vacío para formar el producto plástico; en otro intervalo de tiempo, la válvula se cierra, la parte se enfría y se abren las -- bridas ó prensas de soporte. El operador quita la pieza y el ciclo de la técnica empieza otra vez.

Los calentadores empleados en éstas técnicas son del tipo sandwich que reducen el tiempo de calentamiento hasta un 50%. Se obtiene un calentamiento más uniforme y una menor degradación térmica de la lámina.

Cuando se desea prevenir la excesiva delgadez de la lámina articular durante el formado, aquella porción de la lámina deberá de conservarse más fría. Esto se llama filtración ó degradación y es acompañada por un metal suspendido entre los calentadores y el plástico. El metal absorbe un porcentaje de calor más alto que el plástico.

La técnica incluye una serie de variaciones básicas que son:

Moldes de formado macho y hembra.

Plug auxiliar.

Vacío snap-back.

Formado por inchamiento.

Formado por escape de aire

Plug auxiliar con escape de aire.

El molde hembra se ilustra en la figura 7. Este es un de los tipos más fáciles de formado; se requiere el uso de vacío para jalar la lámina caliente hacia la parte interior del molde. Esta técnica aún se emplea en la actualidad.

El molde macho se indica en la figura 8. Pueden ocurrir algunos esfuerzos ó preformado de la lámina antes de que se aplique el vacío. Las paredes de los lados de las piezas plásticas son más uniformes que aquellas que se obtienen con el molde hembra.

Una modificación al método de formado al vacío es con el llamado "plug auxiliar". Este método se utiliza para superar algunas de las limitaciones del molde hembra, y se ilustra en la figura 9.

Se introduce el plug en la lámina y dentro del molde; la lámina se extiende en forma uniforme antes de aplicar el vacío.

Esta modificación al método es apropiada para aplicaciones industriales y de empaque, debido a la forma del producto plástico -- formado.

Otra variación al método es la que se conoce con el nombre de formado al vacío "snap-back". Fig 10.

Para tener buenos resultados, el vacío se divide en 2 etapas:

El primer paso del vacío (etapa B) muestra la lámina dentro de una caja; que inicialmente sirve para disminuir el área en la parte inferior del molde.

El segundo paso (etapa C), distribuye los áreas adyacentes que llegarán a las paredes del molde.

En éste método, el extremo inferior de la parte plástica formada es más gruesa, aumentando la profundidad. Con lo cual la lámina

na se encuentra totalmente dentro de la caja.

Condiciones típicas del formado al vacío.- (14).

Las condiciones de formado al vacío para láminas de ABS son muy variadas, y dependen del artículo a formar, equipo y de la técnica empleada por plantas particulares.

Esta técnica es más arte que ciencia.

En la tabla I se mencionan las condiciones de formado al vacío de láminas de ABS.

Costos.-

Los costos de montaje del equipo para el termoformado al vacío son bajos. Los moldes se pueden construir de una variedad de materiales. El material depende de los siguientes factores:

Apariencia y calidad del molde.

Número y piezas a producir.

Velocidad requerida.

Tamaño del molde.

Actualmente los moldes se construyen de materiales, tales como madera, yeso, aluminio, plástico y metal maquinado. Los moldes de plástico son de fenoles, furanos y epoxis.

El formado mecánico es una técnica para fabricar láminas sin el empleo de vacío ó aire presurizado. El molde se utiliza para formar la lámina, bajo presión mecánica, en las partes medias del molde. La lámina caliente se sujeta entre los extremos del molde, y éste se cierra. El molde se enfría, se abre y se quita la lámina formada.

FORMADO DE LAMINAS POR PRENSADO. (15).

Los plásticos se pueden laminar con calandria rápidamente.

La operación de laminado generalmente se utiliza para producir láminas muy delgadas. Las calandrias son demasiado caras, pero producen gran cantidad de láminas por hora.

La extrusión de láminas es la técnica más simple, pero las láminas producidas son muy gruesas. El capital que se requiere es relativamente bajo y la operación es simple comparada con la operación de laminado ó prensado. Es más fácil controlar la extrusión que el prensado (laminado).

La operación se lleva a cabo en una prensa aplicando presión y calor; y se utilizan éstas 2 condiciones para dar un estampado a los colores en el extremo superior de la lámina empleando moldes con superficies estampadas. En la técnica, el plástico ABS es termoformado y homogeneizado en un mezclador Bambury. Este polímero fundido se pasa a 2 rodillos de molino para fabricar pequeños "lin gotes" que son alimentados a una calandria.

La calandria se compone de una serie de rodillos calentado, a través de los cuales el plástico fundido se transmite y simultáneamente prensa a la lámina a espesores desordos. Estos rodillos se pueden ajustar a cualquier separación entre sí para producir láminas de diferentes espesores.

Debido a la dificultad en la fabricación y manejo de láminas gruesas en la calandria; la operación de prensado se limita a producir láminas relativamente delgadas.

Las láminas obtenidas mediante ésta técnica se pueden emplear en las operaciones de formado al vacío. En la producción de láminas de ABS, ya sea por extrusión ó prensado, es importante que el espesor de la lámina sea uniforme para asegurar la uniformidad del producto plástico final. La Calandria se ilustra en la fig. 11.

"TECNICAS DE DECORACION DE LOS PLASTICOS ABS"

Cromoplateado

Producción de espumas.

CROMOPLATEADO DE LOS PLASTICOS ABS .- (16).

El precursor del cromoplateado de los plásticos ABS , fué la Marbon Chemical Division of Borg-Warner Corporation.

Esta compañía ha diseñado el tipo Cicolac EP-3510 para vencer los problemas que antes existían en la metalización del plástico.

La unión entre éste tipo de resina y el depósito de cobre electrolítico no es igual que en los otros plásticos ya que las propiedades son diferentes.

Se presenta una mejor adhesión entre metal y plástico. Esto significa que la parte plateada puede resistir altas temperaturas sin que se rompa la unión de ambos.

El tipo cicolac, en una prueba de 2 horas, resiste temperaturas hasta de 220 F.

La técnica de cromoplateado consta de 6 pasos;

- 1.- Limpieza con solución alcalina y neutralización.
- 2.- Tratamiento de la superficie plástica con sustancias químicas.
- 3.- Activación de la superficie.
- 4.- Depósito del cobre electrolítico. (Reducción química).
- 5.- Plateado electrolítico con cobre dúctil.
- 6.- Plateado metálico con níquel, cromo, oro, plata, bronce, etc. Este paso es el decorado y el acabado permanente.

Los 2 últimos pasos son comunes en todo tipo de plateado metálico; los cuatro restantes requieren de una inversión en equipo adicional.

El sistema consta de los siguientes componentes químicos: (17)

Un líquido limpiador (Marbon C-15).

Grabador de agua fuerte (Marbon E-20).

Neutralizador y acelerador (Marbon D-25).

Catalizador (Marbon A-30).

Componente químico especial (N-35).

La figura 12 muestra la secuencia de ésta técnica .

Condiciones de la técnica.- (16).

Valor mínimo de adhesión metal-plástico _____ 5 lb/pulg de plástico.

Rango de temperatura (3 ciclos) _____ 20-220 F.

Tiempo de tolerancia de temperaturas _____ 2 horas.

Resistencia a la tensión (Psi) _____ 110% con respecto a los plásticos no plateados.

Resistencia al impacto Izod (pie-lb) _____ 110% con respecto a los no plateados.

Los plásticos metalizados no son atacados por la corrosión .

La limpieza de la superficie es con el objeto de eliminar las impurezas que afectan la adhesión del recubrimiento metálico inicial.

La neutralización es necesaria para prevenir la contaminación de la solución empleada en la superficie del molde. Esta superficie se vé afectada por algunos ácidos especiales. El tratamiento es a 20-55 C.

La activación de la superficie consiste de la sensibilización de la superficie, seguida por la activación de la operación de electroplateado. La solución química utilizada para la sensibilización es capaz de reducir el activador y tener una gran afinidad hacia la superficie de ABS.

El proceso de activación sirve para iniciar el depósito de cobre electrolítico; que, un vez iniciado, continúa en forma autocatalítica. El depósito de cobre dura una media hora a altas temperaturas.

El espesor de la película de plateado que primero se deposita es de 0.005-0.010 hasta 0.020-0.025 mm.

El electroplateado de níquel y cromo ó cualquier otro metal se puede seguir en la forma normal. Se acostumbra restringir el espesor del níquel plateado a una tercera parte del espesor del cobre.

Esta técnica de cromoplateado mejora todas las propiedades de los plásticos ABS; éstas mejoras se describen en las tablas II y III. (17).

En la figura 13 se hace una comparación de diferentes tipos de plásticos con los polímeros ABS, en base a la propiedad de adhesión metal-plástico.

" TÉCNICA DE PRODUCCION DE ESPUMAS DE ABS " (18).

El término " ABS expandido" es el correcto para llamar a las espumas de ABS. La técnica mediante la cual se produce la espuma de ABS se llama "fundición expansiva".

El material en forma de gránulos se moldea para formar una estructura celular cerrada. El ABS tiene una densidad de 1.04 ; la espuma puede ser de 0.5 a 1.0 dependiendo del tipo de plástico ABS empleado, de la parte diseñada y de las condiciones de la técnica.

El plástico ABS--grado de moldeo por inyección se emplea en aplicaciones en donde se requiere apariencia de madera y propiedades de flotación. Estas aplicaciones incluyen partes para sillas - gabinetes para dibujantes, placas para paredes y muros, accesorios para paraguas, etc.

Las partes ó piezas terminadas son flexibles, tienen excelente resistencia a las raspaduras y presentan una superficie comparable a la de la madera. Estos artículos pueden ser pulidos ó texturizados; ó bien se pueden emplear en acabado de láminas ó recubrimientos para las superficies de las piezas moldeadas. Se aplican en botes ó lanchas, partes automotrices y armazones.

Durante el proceso de moldeo por inyección se tienen los siguientes requisitos:

- Los gránulos de plástico deben estar totalmente presecados para prevenir colapsos en las células de la espuma.

- La velocidad de disparo ó inyección deberá ser lo más rápido posible para permitir la expansión en la cavidad del molde.

- El rango de temperaturas es de 400-525 F.

- La temperatura del moldeo será de 120-160 F. El espesor de la espuma varía con la temperatura de moldeo. El espesor se obtie-

ne a 160 F.

- Se prefieren instrumentos de simple cavidad. Los de multica-
vidad requieren un balance crítico para obtener densidad uniforme

- El espesor de pared de la cavidad deberá ser apropiado para
proporcionar espacio al ABS cuando se expande y producir una míni-
ma densidad. El espesor será de una pulgada .

Se emplean moldes de alúmina ó kerksite ya que el aluminio --
puede resistir presiones internas hasta de 100 psi. Generalmente --
el molde se fabrica de aluminio fundido. La fuente de calor puede-
ser aire caliente, aceite ó sal caliente.

El molde se lleva con los gránulos de ABS y se cierra neumáti-
camente; es entonces calentado utilizando un calentamiento secuen-
cial y finalmente un ciclo de enfriamiento.

El calor activa al agente burbujeante y funde a los gránulos-
del polímero ABS . Después de que los gránulos han sido completa-
mente expandidos, el molde se enfría y se saca la parte moldeada.

El ciclo de calentamiento depende de la temperatura de calen-
tamiento que es de 450-550 F; del método, material del molde y su-
espesor y del espesor de la parte pared de la parte plástica.

El objetivo de la formulación de espumas de ABS, consiste en-
lograr una máxima reducción en la densidad; conservando las propie-
dades físicas para producir una parte plástica rígida.

Las 2 formulaciones de espumas deABS son:

- Grado de moldeo por inyección con densidad de 0.70
a 0.75 .
- Grado de fundición expansiva con densidad de 0.50
a 0.60 .

Ambas formulaciones contienen el agente químico (burbujeante) que-
les imparte la estructura celulosa.

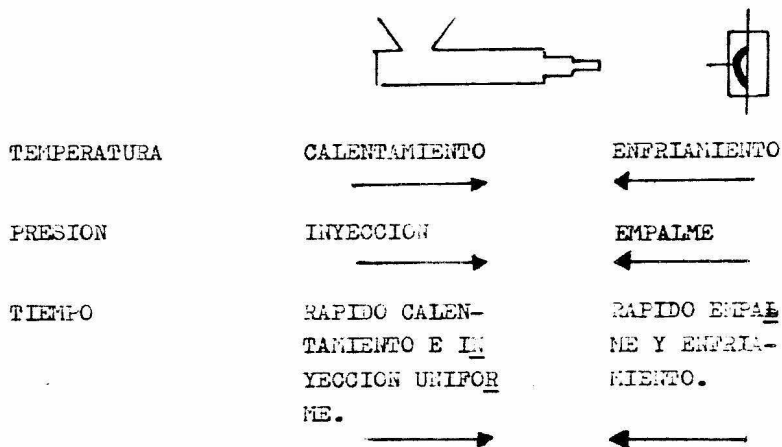


FIG 5.-BALANCE DE PRESION, TEMPERATURA Y TIEMPO EN EL MOLDEO POR INYECCION.

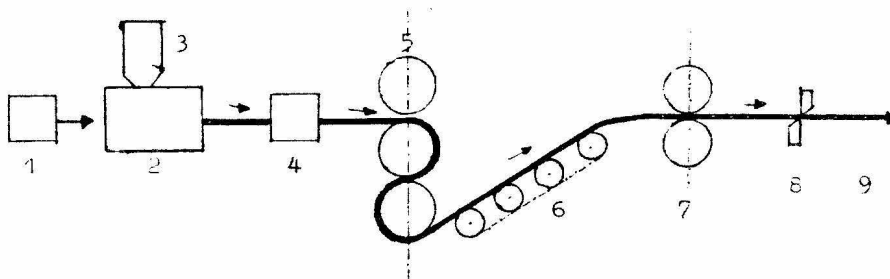


FIG 6.- EXTRUSION DE LAMINAS DE A.B.S.

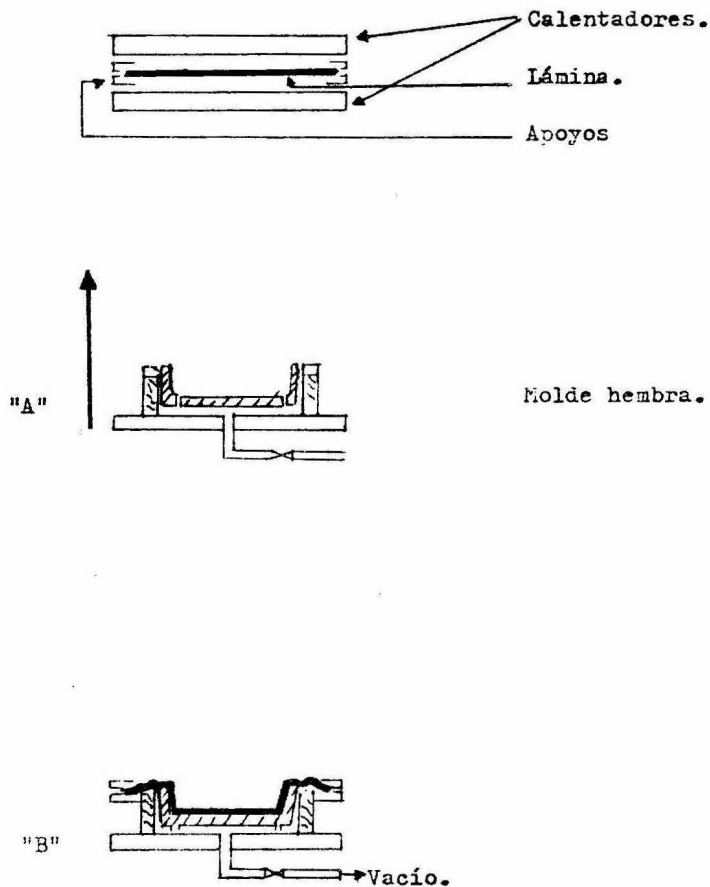
TESIS PROFESIONAL
 "Tecnología del A.B.S." 1974.
 Valencia Rodríguez José Isabel.
 Pac. de Ciencias Químicas. UNAM.

DESCRIPCION DE LA FIGURA 6

EXTRUSION DE LAMINAS DE ABS

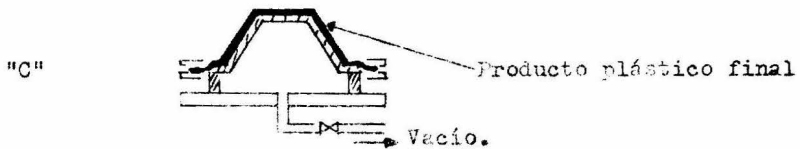
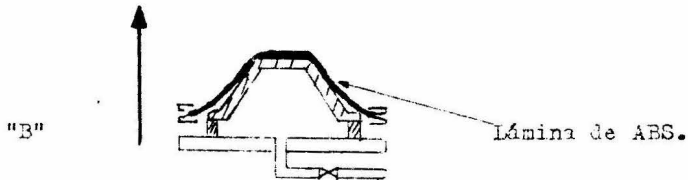
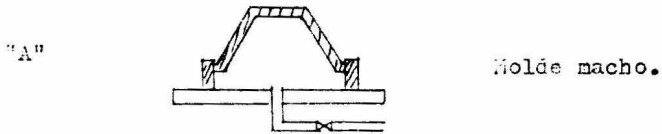
- 1.- Motor.
- 2.- Extruder.
- 3.- Secador.
- 4.- Molde laminador.
- 5.- Rodillos enfriadores.
- 6.- Rodillos impulsores.
- 7.- Rodillos recubiertos con hule.
- 8.- Cortadores de láminas.
- 9.- Almacén.

FIG 7.- Termoformado al vacío empleando la técnica del molde hembra.



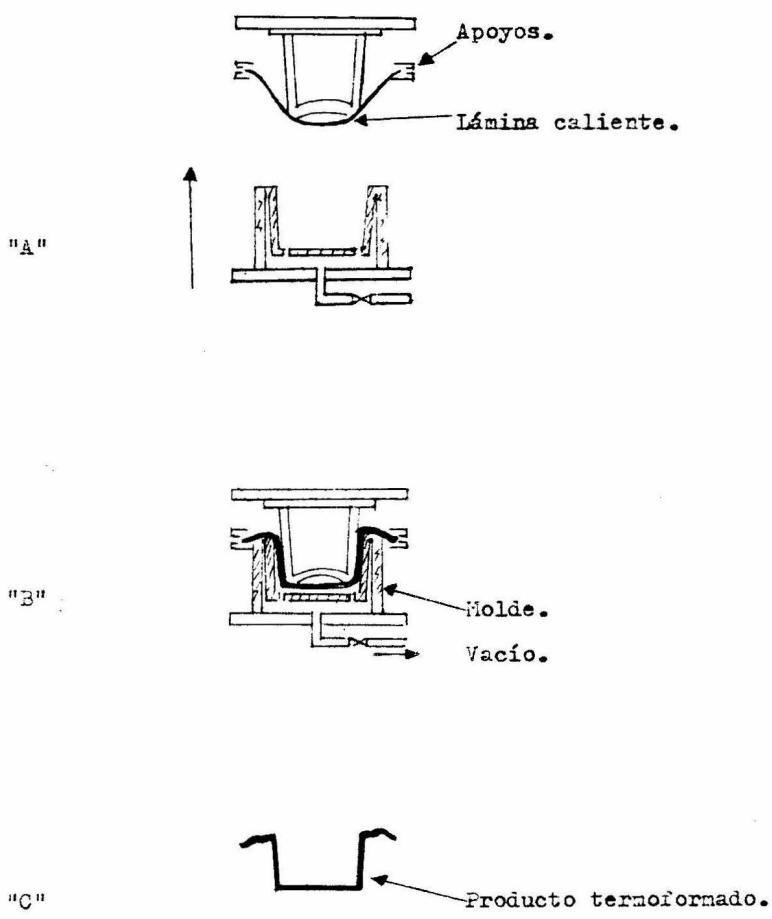
TESIS PROFESIONAL
"Tecnología del A.B.S." 1974.
Valencia Rodríguez José Isabel.
Fac. de Ciencias Químicas. UNAM.

FIG 8.- Termoformado al vacío. Técnica del molde macho.



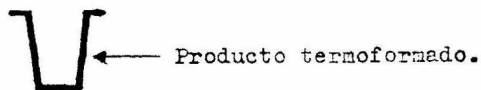
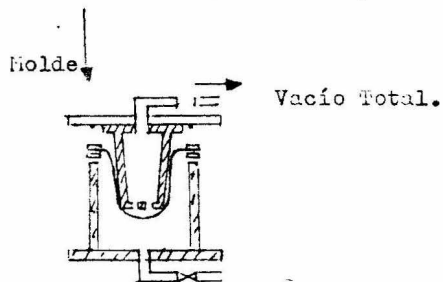
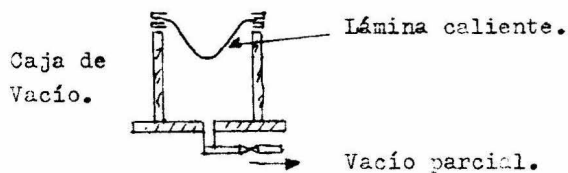
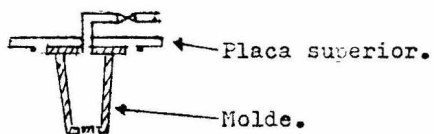
TESIS PROFESIONAL
"Tecnología del ABS" 1974.
Valencia Rodríguez José Isabel.
Fac. de Ciencias Químicas. UNAM.

FIG 9.- Termoformado al vacío con plug auxiliar.



TESIS PROFESIONAL
"Tecnología del A.B.S." 1974.
Valencia Rodríguez José Isabel.
Fac, de Ciencias Químicas. UNAN.

FIG 10.- Termoformado al vacío snap-back.



TESIS PROFESIONAL
"Tecnología del A.B.S." 1974.
Valencia Rodríguez José Isabel.
Fac. de Ciencias Químicas. URMH.

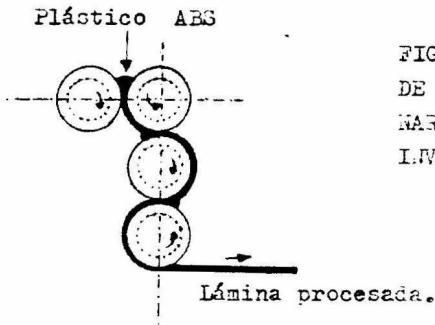


FIG 11.-SECCION TRANSVERSAL DE UNA CALANDRIA PARA LAMINAR PASTICOS ABS TIPO "L" - INVERTIDA.

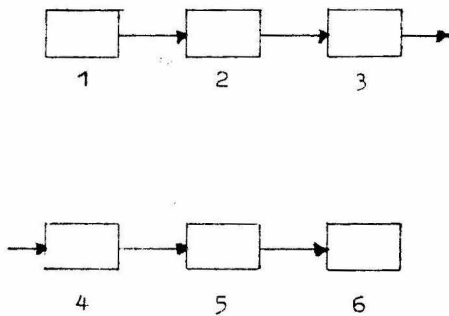


FIG 12.-TECNICA DE CROMO-PLATEADO.

- 1.- LIMPIEZA
 - A.-Limpiador alcalino.
 - B.-Neutralización ácida.
- 2.- ACONDICIONAMIENTO DE SUPERFICIE.
 - A.-Acondicionador superficial.
- 3.- ACTIVACION DE LA SUPERFICIE
 - A.- Sensación.
 - B.- Activación.
- 4.- DEPOSITO DE NIQUEL ELECTROLITICO.
 - A.- Reducción química.
- 5.- COBRE ELECTROLITICO.

- 6.- ACABADO FINAL.
 - A.-Níquel/cromo.
 - B.-Níquel/oro.
 - C.-Otros.

TESIS PROFESIONAL
 "Tecnología del A.B.S." 1974.
 Valencia Rodríguez José Isabel.
 Fac. de Ciencias Químicas. UNAM.

Adhesión.
lb/pulg.

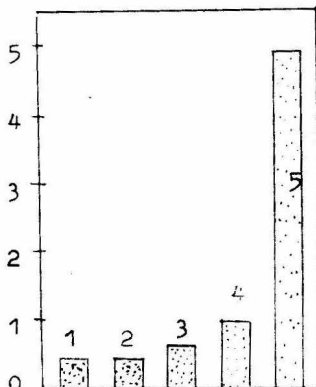


FIG 13.- COMPARACION DEL PLASTICO ABS-PLATEADO CON OTROS PLASTICOS EN FUNCION DE LA ADHESION DEL METAL AL PLASTICO.

- 1.-POLIESTIRENO.
- 2.-ACETAL.
- 3.-ABS.
- 4.-ACRILICO MODIFICADO.
- 5.-ABS PLATEADO.

TESIS PROFESIONAL
"Tecnología del A.B.S." 1974.
Valencia Rodríguez José Isabel.
Fac. de Ciencias Químicas. U.V.M.

CONDICIONES TÍPICAS DEL FORMADO AL VACIO PARA LAMINAS
DE ABS

LAMINA (ESPEJOR), PULG X 10 ⁻³	100-200
CICLO DE CALENTAMIENTO, SEG	40-215
TEMPERATURA DE LAMINADO, F	290-350
TEMPERATURA DE CALENTAMIENTO, F	600-900
SEPARACION DE CALENTADOR SUPERIOR-LAMINA, PULG.	6-8
SEPARACION DE CALENTADOR INFERIOR-LAMINA, PULG.	18-18
TEMPERATURA DE MOLDEC, F	140-140
MATERIAL DEL PLUG	CAOBA.

TABLA I (14).

PROPIEDADES DE LOS PLASTICOS ABS PLATEADOS

RESISTENCIA A LA TENSION A 73 F.	7,300 PSI.
MODULO DE TENSION A 73 F.	600,000 "
MODULO DE FLEXION DE UNA BARRA DE 1/4 X 1 X 4 PULG. A 73 F.	900,000 "
RESISTENCIA A LA FLEXION PARA LA MISMA BARRA A 73 F.	12,000 "
RESISTENCIA AL IMPACTO IZOD A 73 F.	6 FT-LB/FULG.
TEMPERATURA DE DEFLEXION PARA UNA BARRA DE 1/2 X 1/2 X 5 PULG.	
A 264 PSI	214 F.
A 66 PSI	270 F.

TABLA II. (16).

PROPIEDADES DE LOS PLASTICOS ABS PLATEADOS Y NO PLATEADOS

PROPIEDAD	NO PLATEADO	PLATEADO
Resistencia a la tensión, Psi. _____	5,500 _____	7,300
Módulo de tensión , Psi. _____	3.1×10^5 _____	6×10^5
Módulo de flexión, Psi. _____	3.1×10^5 _____	9×10^5
Resistencia a la flexión, Psi. _____	850 _____	12,000
Resistencia al impac to Izod, pie-lb/pulg. _____	4.0 _____	6.0

TABLA III. (16).

CAPITULO VII

CAPITULO VII

" METODOS DE PRUEBA DE LOS PLASTICOS ABS "

Resistencia al impacto. Prueba de im
pacto Izod. Prueba del peso descenden-
te. Esfuerzo-deformación. Tensión y
flexión. Rigidez. Fatiga. Resisten-
cia al medio ambiente. Resistencia a
los medios químicos. Propiedades tér-
micas. Propiedades reológicas. Otras
propiedades.

Para definir las propiedades de la mayoría de los plásticos ,
se utilizan las técnicas de prueba de la American Society for Tes-
ting Materials (A.S.T.M.).

Para las pruebas se toman muestras de ciertos tamaños y dimen-
siones. Estas muestras son condicionadas a priori para eliminar -
las variaciones que resultan del efecto de la temperatura y la hu-
medad. Todas las variables son controladas lo mas exacto que sea-
posible para tener resultados reproducibles ó repetitivos.

La resistencia de un producto fabricado a partir de un plásti-
co depende de una serie de variables; tales como las condiciones -
de fabricación empleadas, del diseño y tamaño de la pieza termina-
da, del método aplicada para la tensión y de las condiciones am---
bientales.

Cuando los polímeros de ABS son calentados y sujetos a condiciones de fabricación, tales como moldeo por inyección; extrusión-ó termoformado de tuberías, láminas ó perfiles; muchas de las moléculas del polímero cambian de posición y tamaño y se vuelven mas a lineadas: en otras palabras se orientan ó extienden en la dirección del flujo.

Así las propiedades no solo dependen del tiempo y la temperatura, sino que frecuentemente dependen de la dirección (Anisotropía). Por lo tanto para describir las propiedades es importante especificar las propiedades en relación a la dirección del flujo y al grado de orientación.

"METODOS DE PRUEBA"

Los métodos de prueba a los que son sometidos los plásticos - ABS son:

- Resistencia al choque ó al impacto.- (5,7,10,19)

Una de las características mas importantes de los plásticos - ABS es su habilidad ó capacidad para resistir choques ó impactos.- Esta propiedad se mide determinando la energía requerida para romper el plástico bajo condiciones de prueba. La resistencia al impacto depende de la temperatura, relación de peso a carga y de las condiciones de fabricación de la pieza plástica

Al aumentar la temperatura, aumenta la resistencia al impacto. Esta resistencia es demasiado alta debido a los principios de dirección de flujo (dirección de orientación; es alta cuando el flujo es paralelo y es baja cuando la dirección de flujo es transversal)

Las pruebas de impacto generalmente miden la flexibilidad y la ruptura de los materiales plásticos bajo condiciones de alta velocidad.

La interpretación de los valores de impacto obtenidos por los

diferentes métodos de prueba puede ser muy difícil. Esto se debe a la variación de los grados de orientación molecular ó del tamaño y forma de las especies que se utilizaron durante la prueba.

- Prueba de impacto Izod.- (5)

Esta prueba utiliza un péndulo. La muestra es rota mediante un martillo . Este martillo debe tener suficiente energía cinética para romper ó fracturar a la muestra completamente. El martillo hace una ruptura a la muestra plástica. En esa ruptura se encuentran concentradas todas las fuerzas durante el impacto de prueba.

Este método lo emplea la ABM para medir la flexibilidad de los materiales plásticos, y dá resultados relativamente buenos.

Una pequeña ruptura requiere menos impacto para que la muestra se rompa, que una ruptura más grande,. Esto se debe a la alta concentración de fuerzas sobre un área más pequeño. Por consiguiente, ésto debe tomarse en cuenta para la ingeniería y el diseño de los materiales plásticos.

Un polímero es sensible a la ruptura cuando su resistencia al impacto Izod es muy alta al emplear una ruptura grande; y relativamente baja al usar una ruptura pequeña.

Los plásticos ABS no son sensibles al ruptura. Fig 14.

El método dá resultados imprecisos. Por lo tanto se hace la prueba con una barra que puede ser resistente en la dirección del flujo, debido a la alta orientación obtenida con barras moldeadas por inyección . Los valores que se obtienen de ésta manera son más exactos, debido a la baja orientación que se obtiene.

- Prueba del peso descendente.- (10)

En éste tipo de prueba, un balín, un peso estándar ó cualquier otro objeto pesado se deja caer desde una altura conocida sobre un muestra de determinada forma.

El peso que cae tiene suficiente energía para romper la pieza de prueba. Esta prueba dá resultados que generalmente se relacionan con las características de la muestra. La ventaja de éste método, es que la especie ó muestra siempre se rompe en la parte más débil.

- Pruebas de esfuerzo-deformación.- (5).

Esta prueba se utiliza para determinar la rigidez de los materiales plásticos . Los resultados obtenidos se relacionan mejor que en el método anterior. El área bajo la curva de esfuerzo-deformación es proporcional a la energía requerida para romper un material. Este área deberá ser directamente proporcional a la resistencia al impacto de un plástico cuando la prueba se lleva a cabo a altas velocidades.

La resistencia a la tensión y elongación para romper el plástico, se encuentran ambas relacionadas a la resistencia al impacto y cada una se puede evaluar independientemente de las pruebas a altas velocidades. Fig 15.

Normalmente, como la velocidad de prueba aumenta, la resistencia a la tensión aumenta mientras la elongación disminuye.

Estos métodos de prueba para medir la flexibilidad son sofisticados, y los datos que se obtienen son para beneficio del diseñador y del ingeniero de plásticos. Los datos son importantes cuando se obtienen sobre un rango de temperaturas. La resistencia al impacto de los plásticos ABS es proporcional a la temperatura.

PROPIEDADES DE RESISTENCIA. (TENSION Y FLEXION). (10).

La resistencia mecánica es una medida de una fuerza máxima requerida para romper una muestra por alargamiento ó estiramiento.

- Resistencia a la tensión.-

Las propiedades de tensión son medidas por una muestra dentro de una máquina de prueba a velocidad constante. La variable es la carga aplicada sobre el área seccional de la muestra plástica - La tensión ó elongación es la cantidad de extensión sobre la longitud original de la especie.

La relación de esfuerzo/deformación se llama módulo de elasticidad. Esta relación corresponde al módulo de Young comunmente usado en la prueba de metales.

El punto en donde el plástico empieza a producirse existe una línea recta entre esfuerzo y deformación. En éste punto, el material plástico generalmente se comporta en forma similar a un elástico. Vuelve a su configuración original al dejar de aplicarle la fuerza. Después cede, aumenta la deformación del plástico rápidamente pero no aumenta la fuerza.

Finalmente el plástico se quiebra y el valor de éste esfuerzo es el último al de la tensión. La cantidad de elongación ó flujo viscoso en el punto de ruptura se llama última elongación. La resistencia a la tensión y la rigidez de los polímeros ABS aumenta cuando la temperatura disminuye, mientras que la ductilidad ó elongación disminuye.

Incrementando la velocidad de carga disminuye la ductilidad , pero aumenta la resistencia a la tensión y rigidez. El ABS es capaz de producir grandes deformaciones cuando se le aplica una fuerza; entonces resulta una alta deformación dúctil (alta elongación).

Esta habilidad contribuye a la flexibilidad del plástico, y la elongación en el tiempo de ruptura es otra medida de la flexibilidad del material. Un plástico que tiene una elongación alta es más flexible que uno que tiene un valor bajo.

Por lo tanto, los materiales mas flexibles generalmente tienen una alta resistencia al impacto combinada con alta elongación.

Es importante que la resistencia a la tensión, dentro de un amplio rango de temperaturas, sea conocido. Fig 15.

- Resistencia a la flexión.-

Otra propiedad importante de los polímeros ABS es el comportamiento esfuerzo-deformación en la flexión. Se mide la capacidad de un material plástico para resistir una fuerza de tensión. Las pruebas de flexión miden una combinación de propiedades de tensión y compresión del material plástico.

La muestra se extiende sobre el fondo del probador de flexión y es comprimida. Para la mayoría de los plásticos el módulo de compresibilidad es proporcional al módulo de tensión. Los módulos de flexión y tensión son similares entre sí.

Todas las propiedades de esfuerzo-deformación dependen de variables como temperatura, velocidad de carga, geometría de la especie y grado y orientación de la molécula. Los materiales tienen una combinación de buena resistencia al impacto y elongación alta.

Si las propiedades de elongación son altas y las de resistencia a la tensión son bajas, el material será "flojo" y no rígido.

- Módulo.-

El módulo de elasticidad es una medida de la tensión ó rigidez del material. Los termoplásticos se deforman permanentemente cuando se aplican cargas muy pesadas, es por esa razón que se prefiere un plástico con un módulo grande.

Este módulo decrece con un aumento en la temperatura. A veces llega al valor de cero. Los plásticos ABS tienen alta rigidez; razón por la cual los productos de ABS no se pueden separar fácilmente de los moldes. El comportamiento del módulo de tensión y la --

temperatura se ilustra en la figura 16.

- Fenómeno de deslizamiento.- (5).

Todos los polímeros termoplásticos cuando están bajo la acción de una fuerza, sufren un fenómeno de deslizamiento. La magnitud de éste fenómeno depende de:

Tamaño de la carga ó fuerza.

Temperatura a la cual se hace la medición.

Cantidad y dirección de la orientación.

La figura 17 describe éste fenómeno en los plásticos ABS a varios niveles de fuerzas.

Este fenómeno no disminuye con aumento de temperatura. Sin embargo para el diseño de partes plásticas, el plástico ABS es su to a altas temperaturas.

- Fatiga.- (5).

La fatiga de un plástico es una medida de su resistencia a la deformación cíclica. La fatiga se define como el número de ciclos de deformación requeridos para causarle a una muestra de prueba fallas bajo condiciones de oscilación.

La resistencia de los plásticos ABS a la fatiga ha sido demostrada con éxito en los tacones de los zapatos.

Para las pruebas de fatiga se emplea el probador INSTRON. (10).

El esfuerzo mas grande se encuentra encima de la muestra, el mas pequeño corresponde a los ciclos para romper la muestra . Si los esfuerzos son bajos, el material soportará muchos ciclos, y en algunos casos nunca se quebrará. La fatiga corresponde al esfuerzo inferior para que la muestra no se rompa ó quiebre. Esto es importante para el diseño de partes estructurales que se encuentran sujetas a esfuerzos vibracionales.

La vida de fatiga de un polímero depende de la temperatura. Un aumento en la temperatura reduce la vida de fatiga. Otro factor que afecta son las rupturas ó fracturas del material plástico.

- Resistencia al medio ambiente.-

Los plásticos ABS se pueden dejar durante tiempo indefinido dentro un cuarto cerrado sin que sufran cambios en sus propiedades

Pero cuando son expuestos a la luz ultravioleta sus propiedades físicas sufren cambios. Las propiedades de resistencia al impacto y la elongación se ven afectadas principalmente en los polímeros no pigmentados. Los plásticos no se deben exponer al medio ambiente a menos que sean pigmentados ó que se utilicen después estabilizadores de ultravioleta.

Los pigmentos dan mayor resistencia al plástico. Con éste pigmento los plásticos no presentan cambios en las propiedades cuando se exponen al medio ambiente hasta por un periodo de 2 años

Estabilidad en el proceso y almacenamiento.- Los plásticos deben tener buena estabilidad durante el proceso de fabricación y manufactura. Durante la manufactura, los plásticos están sujetos a los tratamientos de calor, tales como la composición durante la extrusión, así como las condiciones mecánicas de fabricación.

El producto final debe tener también suficiente estabilidad que no se deteriore durante su empleo normal. Las variedades de ABS mas recientes no requieren de éstos estabilizadores.

- Resistencia al medio químico.- (5).

La resistencia de los materiales ABS hacia los medios químicos, ha sido medida por varios métodos:

Uno es la inmersión de la muestra en el medio químico por varios periodos de tiempo y determinar el cambio de ρ en peso.

- Un segundo método consiste en sumergir la muestra en el medio químico y periódicamente chequear cambios en las propiedades de tensión. Se ha encontrado que los plásticos ABS cuando están completamente sumergidos en agua, aceite para motor y solución de detergente al 2.5% por periodos de tiempo de 2400 horas; no sufren cambios. La apariencia del plástico tampoco se ve afectada.

El estireno de alto de alto de impacto cuando se sumerge en Freón 11 es atacado y se vuelve soluble en pocas horas.

Las resinas de ABS forman soluciones en cetonas, aldehidos, ésteres y algunos hidrocarburos clorados. Pero no son afectadas por la mayoría de los alcoholes y solventes de hidrocarburos.

Los plásticos ABS, como la mayoría de los polímeros, sufren rupturas ó rajaduras cuando están expuestos a ciertos medios químicos y bajo el efecto de esfuerzos grandes por periodos de tiempo definidos. Los medios químicos que producen esas rupturas; incluyen ciertos aceites vegetales, ácido glacial acético, algunos hidrocarburos y ciertos alcoholes.

Los valores críticos de esfuerzos para ABS comparados con otros plásticos se muestran en la tabla IV.

PROPIEDADES TERMICAS. (6).

La prueba es similar a la prueba de resistencia al deslizamiento, excepto que la temperatura aumenta de manera uniforme y constante.

Se aplica una carga; la muestra se calienta lentamente hasta que el polímero se dilata. Esta es la temperatura de fusión ó de blandamiento del plástico; para plásticos amorfos como los polímeros ABS, está muy cerca de la temperatura de transición.

La prueba es la siguiente: (10)

Se aplica una carga ó fuerza de 264-266 psi a una barra de -- plástico de 5 pulg X 1/2 pulg X 1/2 pulg que se encuentra sujeta -- entre 2 puntos. La carga se aplica en la parte media de la muestra

La temperatura de distorción es aquella en la cual la barra -- se deforma 0.010 pulg. cuando se calienta a razón de 2 C por minu-- to.

La figura 18 muestra la variación de la temperatura de distor-- ción con respecto a la carga aplicada. La temperatura de distor--- ción disminuye cuando aumenta la carga ó fuerza. Un material termo-- plástico con bajo grado de orientación, será capaz de resistir mas altas temperaturas, sin sufrir deformación, que uno con alto grado de orientación.

Los rangos de temperaturas de distorción están entre 165 C y 240C dependiendo del grado y la aplicación de la fuerza.

La figura 19 describe la deformación de los plásticos ABS -- cuando están sujetos a cargas grandes en función de la temperatura. Esto es de suma importancia principalmente en aplicaciones de conexiones, discos y patas de soporte.

Para tener mejor resistencia al calor, es importante seleccio-- nar un cuarto monómero que se agrega al sistema acrilonitrilo--butadieno--estireno. Este monómero mejora la temperatura de distor-- ción, y es el alfa-metil--estireno que substituye al estireno. (2).

Agregando de 25-50 partes de éste monómero, se logra una alta resistencia al calor.

Existen varios tipos de resistencia al calor. Estos son:

KRALASTIC	2938
KRALASTIC	400
CYCOLAC	X-7
CYCOLAC	X-27

En éstos tipos de polímeros, el límite de temperatura máxima es de 225 °C.

PROPIEDADES REOLÓGICAS. (20).

Estas propiedades permiten predecir el polímero apropiado para determinado proceso de fabricación. En el proceso de extrusión y en el diseño del molde se deben tener datos reológicos. Estos datos se obtienen a rangos amplios de fuerza y temperatura en un reómetro de extrusión capilar. El plástico ABS, por ser termoplástico, presenta propiedades viscoelásticas.

Los efectos de entrada y salida del capilar se estudian seleccionando la relación de capilar apropiado (longitud-diámetro), para dar los efectos elásticos deseados.

Empleando varias relaciones de L/D, se obtienen datos cuantificados de los efectos y la medida de la elasticidad de la mezcla fundida. Este efecto se emplea para estudiar la elasticidad del plástico.

El reómetro puede predecir la apariencia superficial del material plástico procesado con equipo adecuado. Es posible estudiar defectos u otros problemas encontrados en ésta operación, observando las condiciones de la superficie del filamento que sale del reómetro. Se observa una rugosidad causada por la fractura del plástico fundido al entrar al capilar.

Estas propiedades de protuberancia y fractura es de suma importancia en la extrusión. En ésta operación, el control y los defectos de superficie dependen del esfuerzo y de la temperatura al que es sometido el polímero.

AL MONTAR EL MÓDULO CAPILLARY EXTRUSION RHEOMETER (MCEER) predice la extrusión en equipo comercial. El MCEER puede ser herramienta útil para el ingeniero y el diseñador de materiales plásticos ABS.

OTRAS PROPIEDADES. (7).

- Absorción de la humedad.-

Esta absorción es tan alta como en el caso de los poliestirenos de alto impacto. Sin embargo, la absorción del agua en el producto plástico no afecta a las propiedades. La absorción de la humedad es menos de 1%. Este porcentaje es una ventaja en aplicaciones de tubería y eléctricas.

- Propiedades eléctricas.-

Estas propiedades no son afectadas por la humedad y la temperatura. La fuerza dieléctrica, el factor de disipación ó potencia y las constantes dieléctricas son excelentes para que el plástico ABS sea empleado en usos ó aplicaciones eléctricas. Estas aplicaciones incluyen forros para alambres, montajes de antenas de TV, contactos y bases de circuitos impresos.

- Resistencia al fuego y a la flama.-

Los materiales de ABS se clasifican como materiales de baja combustión: no propagan el fuego.

- Expansión térmica.-

Los coeficientes de expansión térmica son similares a los del poliestireno. El coeficiente de expansión puede ser de 6×10^{-5} a 13×10^{-5} pulg/pulg/ C . Este valor es aproximadamente 10 veces la expansión del acero. Este factor deve tomarse en cuenta cuando se diseñan partes plásticas, ó bien cuando el plástico ABS está fijo ó insertado a un componente metálico.

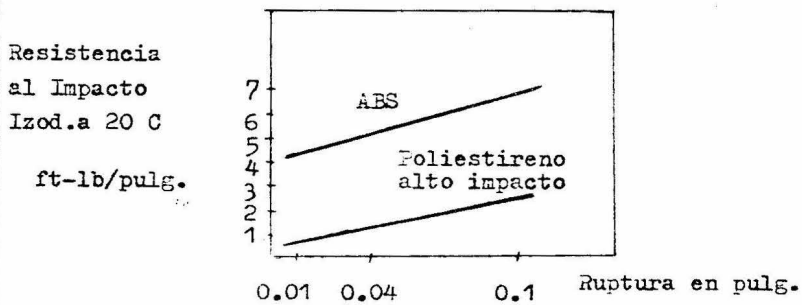


FIG 14.-INSENSIBILIDAD DEL ABS A LA RUPTURA DURANTE EL IMPACTO.

TESIS PROFESIONAL
 "Tecnología del A.B.S." 1974.
 Valencia Rodríguez José Isabel.
 Fac. de Ciencias Químicas UNAM.

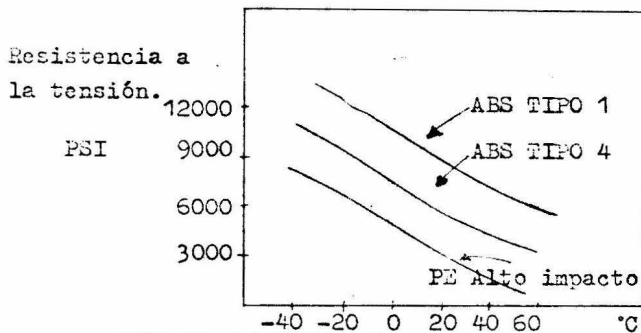


FIG 15.-RESISTENCIA A LA TENSION DE LOS PLASTICOS ABS Y POLIESTIRENOS EN FUNCION DE LA TEMPERATURA.

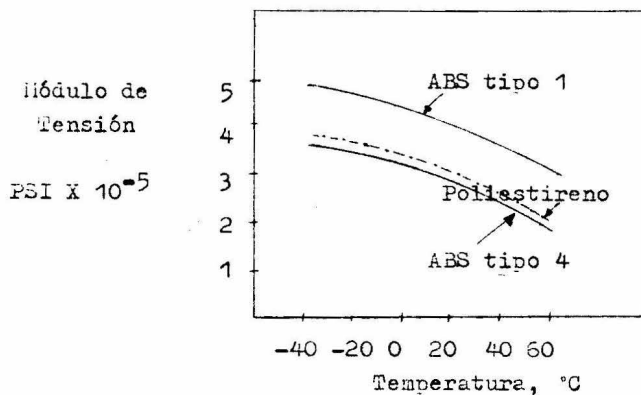


FIG 16.-MÓDULO DE TENSION EN FUNCION DE LA TEMPERATURA PARA ABS Y POLIESTIRENO.

TESIS PROFESIONAL
 "Tecnología del A.B.S." 1974.
 Valencia Rodríguez José Isabel.
 Facultad de Ciencias Quím. UNAM.

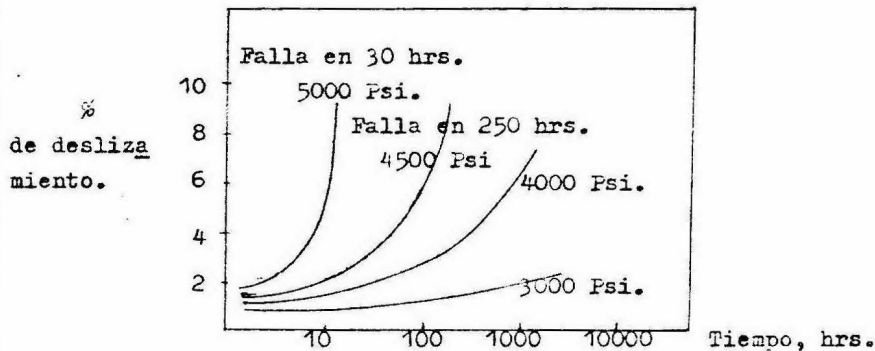


FIG 17.- FENOMENO DE DESLIZAMIENTO A VARIOS NIVELES DE FUERZA PARA ABS-TIPO 2 A 20 C.

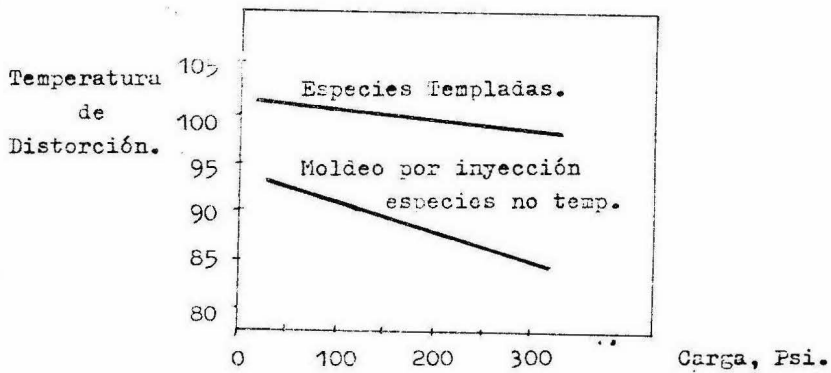


FIG 18.- TEMPERATURA DE DISTRORCION EN FUNCION DE LA CARGA APLICADA.

TESIS PROFESIONAL

"Tecnología del A.B.S." 1974.

Valencia Rodríguez José Isabel.

Fac. de Ciencias Químicas. UNAM.

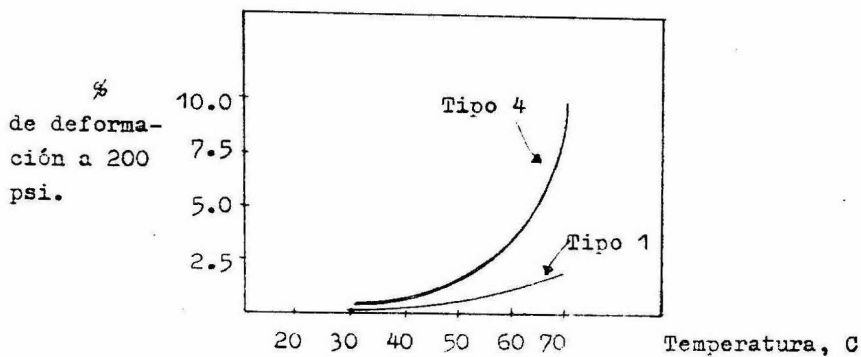


FIG 19.- DEFORMACION COMO UNA FUNCION DE LA TEMPERATURA PARA DOS TIPOS DE ABS.

TESIS PROFESIONAL
 "Tecnología del A.B.S." 1974.
 Valencia Rodríguez José Isabel.
 Fac. de Ciencias Químicas. UNAM.

VALORES CRITICOS DE ESFUERZOS EN VARIOS AGENTES QUIMICOS.

A 73 F.

AGENTE	ABS	POLIESTIRENO	PVC-II	POLI METIL METACRI LATO.	POLI CARBO NATO.
Agua dest.	X	X	X	X	X
HCl 10%	X	X	X	X	X
NaOH 10%	X	X	X	X	X
Ac. acético 10% X		X	X	X	X
Metanol.	+	1,000	2,500	X	6.600
A. Isopro pílico.	2100	1,220	3,800	1,500	4,000
n-hexano	X	X	4,200	2,900	4,900
Aceite Linseed	X	350	X	540	X
Etilén glicol	X	580	X	X	X
Ac. oleico	X	580	X	2,900	X
Terpentino	X	X	X	2,000	3,600
Lestoil	X	X	X	X	X
Aceite Mazola	X	500	X	X	X

X.- No hay ruptura.

+.-El material se vuelve blando.

Los esfuerzos están en unidades de libra/pulg² (Psi.)

CAPITULO VIII

CAPITULO VIII

" APLICACIONES DE LOS PLASTICOS ABS "

Industria Automotriz. Refrigeración.
Artículos Domésticos. Equipaje. Elec-
trónica. Industria del zapato. Usos -
en tubería. Asientos. Artículos romo
plateados. Máquinas de escribir. Aire
acondicionado. Otras aplicaciones.

En 1963, los plásticos de ABS consumidos en Estados Unidos --
fué de 100 millones de libras al año. Para 1965 la cantidad fué de-
120 millones; y la cantidad más reciente fué de 155 millones. (10)

Este aumento en el consumo de los plásticos ABS se debe a las exce-
lentes propiedades que ofrecen. Los polímeros ABS muestran una com
binación de:

- Bajo costo de fabricación.
- Buena resistencia al impacto y alta rigidez.
- Buenas propiedades químicas y de resistencia al calor.
- Estabilidad dimensional.
- Excelente durabilidad.
- Amplia gama de colores.

Resistencia a la humedad.

Resistencia a cargas ó fuerzas.

Resistencia al uso, manchas y raspaduras.

Los metales y la madera han sido desplazados por éstos plásticos, y compiten con los llamados "plásticos de ingeniería" que incluyen los nylons, poliacetales, los del tipo celulósico, los cloruros de polivinilo rígidos, policarbonatos, algunas de las poliolefinas y algunos de los poliestirenos.

Las industrias que emplean el plástico ABS son:

Automotriz.

Aparatos como refrigeradores, aspiradoras, secadores de pelo, batidoras portátiles, etc.

Partes para máquinas registradoras .

Equipaje.

Teléfonos.

Electrónica.

Tubería.

Empaque.

Cajas para embase.

Cascos para botes ó embarcaciones pequeñas.

Tacones para zapatos.

Plásticos cromoplateados.

Industria automotriz.- (21), (22), (23).

La industria automotriz emplea los plásticos ABS debido a sus propiedades de flexibilidad, resistencia al calor, a la gasolina y al aceite. También por las propiedades de resistencia a las manchas y a las raspaduras.

En 1953, se empleó por coche 28 libras de plástico, en 1970 se utilizó de 39 a 55 libras de plástico por automóvil. En un automóvil modelo 1963, la cantidad de plástico de plástico ABS era aproximadamente de 2.3 libras comparada con 6 libras de vinilo, 3 libras de fenólicos y 3.2 libras de poliolefinas.

Se calcula que la industria automotriz consumió 15.8 millones de libras de plástico ABS en 1985, comparadas con los 10.5 millones de libras en 1963.

Aplicaciones en refrigeración.- (24).

Aproximadamente 3.6 millones de refrigeradores se vendieron en 1983. Actualmente el plástico que más se emplea en la industria de la refrigeración es el poliestireno. A diferencia del poliestireno, los materiales de ABS no son atacados por el freón 11 que se utiliza en la fabricación de espumas rígidas de poliuretano. Este tipo de espumas se emplea como aislante en los refrigeradores.

Las siguientes son propiedades que hacen del ABS el plástico apropiado para aplicaciones en refrigeración:

- Excelente resistencia a bajas y normales temperaturas.
- Rigidez.
- Resistencia a altos niveles de esfuerzo.
- Resistencia al ataque del freón-11.
- Capacidad para desarrollar mucho brillo ó lustre.
- Resistencia al ataque de las sustancias de los alimentos.
- Fácil formado al vacío.

Los plásticos de ABS son más resistentes al ataque de ácidos y sustancias que contienen los alimentos, que los poliestirenos - de alto impacto.

Esto se puede apreciar cuando el ABS y el poliestireno son sometidos a esfuerzos de flexión después de estar en contacto con sustancias químicas y alimenticias.

Se observa que el poliestireno se rompe mucho más rápido que los materiales de ABS.

El empleo de los plásticos ABS en refrigeración en 1963 se estimó en 15 millones de libras. El ABS supera al poliestireno en lo que se refiere a la resistencia a los esfuerzos del uso cotidiano.

Utensilios caseros ó domésticos.- (16), (17), (25).

Entre éstos utensilios caseros están: Secadores de pelo, aspiradoras, acondicionadores de aire, Batidoras y otros artefactos portátiles. Algunas partes de las lavadoras están construidas de ABS, que es apropiado para dichas lavadoras por su resistencia al impacto, a la tensión y a las altas temperaturas (170 F).

Equipaje.- (1), (10).

Los polímeros ABS son apropiados para manufacturar maletas y en general todo tipo de equipaje ya que cumple con los siguientes requisitos:

- Amplio rango de temperaturas.
- Resistencia química y al humedad.
- Estabilidad dimensional.
- Bajo costo de fabricación.

Esta industria consumió en 1960, 2 millones de libras de plástico-ABS. En 1970 el consumo fué de 15 millones .

Partes electrónicas.- (10).

El volumen total actual de la industria telefónica es de aproximadamente de 7 millones de libras al año; de las cuales la parte correspondiente al ABS es de 5 millones.

El ABS ha desplazado al acetato de butirato en los teléfonos de color, debido a que ofrece propiedades equivalentes a bajo costo. La resistencia a las manchas es muy importante en los teléfonos de color. El mercado potencial para los primeros años de la década de los 70's se calcula en 45 millones de libras al año.

El ABS también entra en la industria de la radio y televisión. Se construyen transistores y gabinetes.

Industria del zapato.- (10).

En 1962, el 75% de los tacones de zapato para dama producidos en Estados Unidos fué hecho de plástico. El total de los materiales plásticos fué de 25 millones de libras por año.

Con ésto, se substituyó a la madera que era el material clásico para éste tipo de tacón.

Los costos de fabricación con ABS fueron muy altos debido a la dificultad de construir tacones de ésta clase. Pero ésta desventaja se compensa con la alta resistencia al impacto, resistencia química y a los esfuerzos de tensión del polímero ABS.

Por éstas razones, el ABS se emplea ahora en un 90% del mercado norteamericano de la industria del calzado; substituyendo así a otros polímeros más caros como los acrílicos de alto impacto y los celulósicos. Estos fueron desplazados porque su costo de fabricación era alto.

El nombre barnizado de los materiales de estireno, es una razón por la cual los plásticos ABS son los preferidos. Los barnices más empleados tienen una base de nitrocelulosa. El solvente -

en éste tipo de base degrada y agrieta la superficie del poliestireno de alto impacto, mientras que el ABS no lo agrieta.

Aplicaciones en tubería.- (10).

El empleo de los plásticos ABS en tubería se ha expandido -- desde 1940; cuando el ABS fué el primero en emplearse en éste tipo de aplicaciones. En 1964 se instalaron aproximadamente 16,000 millas de tubería de polímero ABS.

El tamaño varía de menos 1/2 pulgada a 8 pulgadas en diámetro. Los servicios que ofrece esa tubería son:

Tuberías empleadas en campos de aceite, plantas químicas, líneas proveedoras de gas natural, sistemas municipales, sistemas de irrigación, líneas alimentadoras de agua potable, líneas para agua de fuentes ornamentales, líneas para plantas desalinizadoras, etc.

El consumo del polímero ABS en E.U., fué de 10 millones de libras (1960); 1965, 20 millones de libras. La tubería termoplástica, principalmente PVC, fué empleada en Europa en 1939; en Estados Unidos alrededor de 1940 en forma de "saran" (cloruro de polivinilideno), utilizado principalmente en procesos de alimentación y plantas químicas.

Un material termoplástico debe ser resistente a altas temperaturas para que pueda ser aplicado como tubería. Esta resistencia se debe mantener en un período largo de tiempo. Se debe incluir -- también: resistencia al alto impacto, resistencia a la tensión, resistencia a la flexión y buena rigidez.

Los plásticos más fuertes para fabricar tubería son los plásticos de alta resistencia al impacto, los polímeros ABS y los de cloruro de polivinilo. La tubería debe resistir el manejo, instalación y el uso al que se encuentra sometido. La temperatura que resiste es de 170 F.

El polímero que cumple con estas características es el tipo "MIRALASTIC" 400. Este polímero fué diseñado para aplicaciones en tubería y puede emplearse a temperaturas de 0 F a 180 F. Aunque el polímero puede emplearse hasta 200 F, el uso de 180 como temperatura límite es con el objeto de introducir un factor de seguridad.

La tubería de éste polímero es flexible a bajas temperaturas evitando que se rompa, tiene buena resistencia al deterioro de la luz ultravioleta y al medio ambiente en general, posee excelente resistencia química y resistencia a la corrosión.

Otras ventajas son su fácil fabricación, buen aislamiento térmico y buena resistencia a la corrosión electrolítica. La termoconductividad es mucho menor que en la tubería de cobre. La termoconductividad del cobre es 2000 veces más grande que la del ABS, y la del fierro está alrededor de 3000 veces.

Como resultado, en la tubería de ABS, el agua permanece caliente más tiempo y lo mismo sucede con el agua fría. La excelente propiedad de aislamiento eléctrico se emplea donde existe la corrosión electrolítica. La corrosión electrolítica se presenta cuando la tubería y los fijos actúan como 2 metales diferentes.

El costo depende de las aplicaciones que se le dé a la tubería.

El precio es proporcional al diámetro de la tubería; siendo más barata la tubería de plástico que la hecha de fierro ó cobre.

El espesor de la tubería es otra variable importante que se debe determinar para calcular el costo. El espesor está en función de la presión del fluido y de la temperatura del mismo.

Tubería para distribución de gas.- (10).

A finales de 1953 se habían instalado 20 millones de pies de-

tubería plástica.

La tubería de ABS es excelente para la transmisión de gas y líneas de servicio, debido a que no es atacado por los aromáticos - contenidos en el gas natural.

La British Columbia Electric Co. Ltd., reportó, en 1964, haber instalado 135,000 pies de tubería de ABS en Vancouver para la distribución de gas natural.

Las características de las líneas de distribución de gas:

- Línea alimentadora : 50 pies de presión.
- Espesor de pared : 2 pulgadas.

Con éste tipo de tubería se puede transportar gas propano en diferentes sitios. En general el plástico ABS es resistente a la corrosión y a cierto tipo de terreno .

- Tubería para distribución de agua.-

Este tipo de tubería es excelente para sistemas de roció y para irrigación presurizada. El costo de instalación es muy bajo.

Especificaciones:

Diámetro ____ 10 pulgadas.

Presión de agua ____ 150 psi.

Temperatura baja.

Propiedades: Flexibilidad, resistencia a la tensión.

- Tubería para aceites.-

Las líneas de tubería de acero son corroídas rápidamente - por:

Agua salada.

Aceite crudo.

Tierra corrosiva.

El costo de instalación para substituir éste tipo de tubería es demasiado alto. Por ésta razón se prefiere instalar tubería de ABS

El polímero se usa generalmente en la línea de agua salada -- que opera a altas temperaturas.

Especificaciones:

Diámetro; _____ De 2-6 pulgadas.

Propiedades: _____ Alta flexibilidad; resistencia mecánica, química y al medio ambiente.

- Tubería para conductos eléctricos--

Por su fácil instalación, bajo costo, resistencia a la corrosión, flexibilidad y aislamiento eléctrico; el polímero ABS se ha empleado en los sistemas de bajo voltaje, en líneas de tubería empotrada en el concreto de las construcciones y edificaciones.

Los costos de mantenimiento son más bajos que otros materiales plásticos.

- Tubería para usos industrial y químico.-

La tubería de ABS se emplea en instalaciones de plantas de tratamiento de agua (plantas de ablandamiento de aguas duras, de procesos de desalinización); y en métodos químicos que involucran métodos de electrolisis.

El plástico es resistente a salmueras, cloro, y a sales de alúmina. La " Chicago Sanitary District " utiliza éste tipo de tubería.

Otros Indus-trias que manejan muchas substancias químicas y emplean tubería de ABS son las siguientes:

Industria de proceso de papel y pulpa.

Producción química.

Procesos de alimentos.

Textil.

Metalúrgica

Refrigeración.

- Industria del asiento.- (27).

Para que un asiento de plástico sea apropiado para tal fin; debe ser durable, confortable y de fácil manejo. El plástico tiene que ser adaptable a la fabricación y tener amplio rango de colorabilidad y estabilidad. Se fabrican asientos escolares con este plástico ABS.

El material empleado en éstas unidades tiene buena resistencia al impacto y a la fatiga.

- Cascos y corazas.- (27) (28).

El plástico ABS es empleado por las fuerzas armadas de los Estados Unidos en su programa de entrenamiento con morteros.

El precio del proyectil para este tipo de arma es de 14 dólares (1965). El ABS substituyó al aluminio debido a su bajo costo.

- Artículos cromoplateados.- (25) (29).

El cromoplateado se encuentra en la industria automotriz con fines decorativos. También se emplea el cromoplateado en aparatos de tipo doméstico. (17).

En el proceso, se deposita cobre metálico por medio de u-

na reacción óxido-reducción sobre la parte plástica. La capa de cobre de la superficie plástica es aproximadamente de 0.00003 pulgada de espesor y sirve como base para depositar un mayor revestimiento de cobre por los procedimientos clásicos de electroplateado. Se encontró un problema con el plástico ABS durante el electroplateado: debido a su baja densidad, el plástico flotaba en la solución plateada.

Esto se resolvió desarrollando materiales de ABS con densidades mas altas para tener una inmersión total de la solución plateada.

La "United-carr Fastener Corp. and Enthone" ha desarrollado sus propios de electroplateado. El mercado potencial de los plásticos plateados en 1965, fué de 250 millones de partes plásticas - por año.

La industria de radio y televisión fué la primera en emplear artículos plateados.

La FIAT de Italia produjo selectores de canal de los aparatos de radio; la PYE FERGUSON botón, selectores y otras partes para radio.

El alto costo de los materiales no ferrosos, y el pulido antes del electroplateado; fué la principal razón para fabricar partes electroplateadas de ABS. Estas aplicaciones, que son de ornamento, han sido repetidas en la mayoría de los países europeos.

La industria automotriz los emplea en emblema de automóviles. La FIAT y la ALFA-ROMEO de Italia, la DUTCH DAF CAR de Alemania, la DATSUN de Japón y todas las marcas de automóviles de E.U. - emplean el ABS para partes y emblemas.

Otras aplicaciones se tienen en:

Lavadoras.

Partes de refrigeradores.

Partes decorativas de relojes.

Tubería plateada.

Tapaderas plateadas de recipientes.

Tableros de control para automóvil.

Moldes para la industria chocolatera.

El consumo de plástico plateados, en 1970, fué de:

Inglaterra _____ 3 millones de libras.

Estados Unidos _____ 60 millones de libras.

- Máquinas de escribir portátiles.-

En 1963 el mayor productor de máquinas de escribir introdujo materiales plásticos en sus últimos modelos.

Con la substitución de los metales por los plásticos, el peso de la máquina disminuyó, y por consiguiente se hicieron más - manejables. El peso de la parte plástica es aproximadamente de una libra. En promedio, un millón de máquinas de escribir portátiles se venden anualmente en Estados Unidos.

Este consumo podría desarrollar un amplio mercado para -- los plásticos ABS, principalmente en los modelos estándar.

- Enfriadores de aire.-

Los enfriadores y purificadores de aire hechos de ABS se introdujeron al mercado en 1963. Un purificador de aire metálico pesa 60 libras, mientras que uno de plástico pesa solo 22 libras ; y además éste resiste más a la corrosión que el metálico.



QUIMICA

- Acondicionadores de agua.-

Otra aplicación como consecuencia de la resistencia del plástico ABS a la corrosión, es la manufactura de acondicionadores de agua automáticos. Otras propiedades por las cuales fué seleccionado para la construcción de éstos utensilios, son: resistencia al impacto, rigidez y presentación.

- Empaque.-

Se emplea, el plástico ABS, generalmente en el empaque de alimentos. El polímero ABS no es atacado por las sustancias que contienen los alimentos (aceites, grasas, carne, productos de la leche).

APLICACIONES DIVERSAS

Hay muchas aplicaciones desarrolladas por los plásticos ABS, la mayoría de éstas desplazan al metal y a la madera.

Algunas de éstas aplicaciones son: (22),(25).

Tacones para zapato.

Impulsores de bombas.

Partes para cortadoras de césped.

Cojines de espuma.

Recubrimientos para partes electrónicas.

Anillos protectores para proyectiles militares.

Varios tipos de engranes.

Bobinas textiles.

Codos para antena.

Yelmos.

Partes para refrigeradores.

Recubrimientos para humidificadores.
 Impulsores de lavadoras automáticas.
 Grabadoras de cinta.
 Proyectores y cámaras fotográficas.
 Baffles para bocinas ó altavoces.
 Cesto para basura.
 Recubrimientos para piano.
 Recipientes transparentes casi como el policarbonato
 Lápices, plumas, etc. to
 Estuches para instrumentos musicales.

Por último, se dá el consumo del polímero ABS de acuerdo a cada aplicación:

CONSUMO DE ABS EN EL PERIODO 1972-73 EN UNIDADES DE TONELADAS METRICAS.

	1972.	1973.
Instrumentos.	25.25	31.24
Ind. Automotriz.	52.69	68.18
Máquinas y teléfonos,	11.60	14.0
Partes eléctricas.	4.72	5.01
Muebles.	4.55	5.91
Equipaje.	6.62	7.32
Modificadores.	4.55	5.02
Tubería.	72.27	92.00
Recreativos.	29.55	34.51
Tacones para zapato.	2.27	2.20

Exportación	14.30	18.45
Otros	71.63	109.58
Total	300.00	393.32

Estos datos corresponden al consumo de los Estados Unidos.

El consumo de ABS, también en toneladas métricas, para Europa Occidental fué como sigue: (30).

	1972
Refrigeradores.	10,000
Botes navales.	3,000
Motores.	2,000
Enseres Domésticos.	2,000
Equipaje.	1,000
Otros.	2,000
Total	20,000

CAPITULO IX

CAPITULO IX

"FUTURO DE LOS PLASTICOS A.B.S."

Principales productores de
ABS en el mundo entero.

Los polímeros ABS tienen excelente futuro en un gran número de aplicaciones. Su amplia variedad de propiedades, combinada con su fácil fabricación y costo, hacen que sea el material plástico - más apropiado para éste gran número de aplicaciones. El continuo - desarrollo de nuevos grados de polímeros ABS aceleran el crecimiento de éstos polímeros. Los polímeros ABS que fueron introducidos durante la década de los 40's no satisfacerían los mercados actuales.

En aquel tiempo sus propiedades eran limitadas y los costos - demasiado altos. Con el paso de los años esas propiedades han ido - aumentando y mejorando subsecuentemente. El color del polímero y - las características de superficie son excelentes. Se ha mejorado - la flexibilidad y la rigidez sobre amplios rangos de temperaturas; la calidad de fabricación, el moldeo por inyección, extrusión y el termoformado continúan mejorando.

Por otra parte, la producción de acrilonitrilo continúa in- - crementándose. Los productores de acrilonitrilo, en E.U., son:

Monsanto Co.

American Cyanamid.

Sohio Chemical Company.

En 1970 se consumieron 100 millones de libras por año de éste monómero en Estados Unidos.

El futuro de los plásticos ABS se encuentra en las siguientes industrias:

1.- Industria automotriz.-

En la capital del automóvil-Detroit-, ha sido aceptado e instalado en los automóviles de lujo. Se emplea generalmente en partes cromoplateadas para fines de marca y ornato. En 1964, la industria automotriz consumió 20 millones de libras del polímero -- ABS. (21),(22),(23).

2.- Industria de la refrigeración.-

En ésta industria, el ABS puede substituir al poliestireno y al acero por ser demasiado caros. (24).

3.- Industria de utensilios de usos personal y doméstico.-

Esta industria incluye: secadores de pelo, abrelatas-eléctricos, cepillos de diente eléctricos, aspiradores, batidoras, licuadoras y en general utensilios para uso doméstico. Los utensilios domésticos son más baratos fabricados con ABS.

4.- Industria de tubería.-

Con el aumento del precio de los materiales clásicos en la construcción de tubería-acero, cobre, fierro, etc-; los plásticos, y en particular el polímero ABS entran en ésta industria como excelentes substitutos de tales materiales clásicos. Esto se debe a sus propiedades ya mencionadas en un capítulo por separado. La temperatura límite de éstos plásticos es de 225 F.

5.- Empaque.-

Su futuro se debe a sus resistencias física y mecánica, así como a las cualidades económicas del plástico.

OTRAS APLICACIONES

Otras aplicaciones poco comunes hasta ahora son: (10).

El empleo de pigmentación en los plásticos.

Absorbedores de luz ultravioleta.

Recubrimientos orgánicos y metálicos al ABS.

Las aplicaciones de los polímeros ABS continúan aumentando ; se han encontrado nuevos tipos ó grados que dan nuevas propiedades al polímero ABS. Los plásticos ABS y el cloruro de polivinilo(PVC) son completamente compatibles.

El PVC agregado al ABS le imparte propiedades de retardación a la flama y al fuego. La mezcla ABS-PVC se manufactura a diferentes rangos de composiciones. El ABS-PVC se emplea en la producción de láminas mediante el proceso de "laminado" con calandria. - Estas láminas se termoforman en una variedad de formas y tamaños. (7).

Cuando se añade policarbonato al ABS se tiene un polímero granular de color opaco. Esta mezcla ABS-PC es apropiada para moldear por inyección y extrusión a altas temperaturas(255-275 C). La mezcla no arde ni chisporrotea. Sus propiedades térmicas, eléctricas y de resistencia al impacto mejoran notablemente. (7).

Las aplicaciones de ABS-PC se encuentran en: componentes eléctricos, partes automotrices, partes mecánicas, componentes y artículos de ingeniería, cascos de seguridad, impulsores de bombas , cables, etc. La marca representativa es CYCOLOY 800 de la Marbon - Chemical de Estados Unidos.

El ABS reforzado con fibra de vidrio presenta propiedades -- muy superiores al ABS como tal. El ABS-Vidrio presenta mejoras en tensión, temperatura de distorción, firmeza, dureza y estabilidad-dimensional.

Este plástico reforzado se emplea en el electroplateado de partes plásticas y en la industria automotriz. (32).

Producción del polímero ABS.-

La producción durante el año de 1966, en E.U., alcanzó la cantidad de 450 millones de libras, repartidos de la siguiente manera:

Union Carbide.	40 millones de libras.
Monsanto Co.	90 " " "
US Rubber's Naugatuck D.	30 " " "
Borg-Warner's Marbon	140 " " "
BF Goodrich Chem. Co.	40 " " "
Dow, Midland, Michigan	30 " " "
Rexall	30 " " "
<hr/>	
TOTAL	450 millones de libras. (31),(33)

La figura 20 describe una estimación de los plásticos ABS. Esta estimación futura empieza desde el año de 1958 hasta nuestros días. (34),(35).

Producción mundial de los plásticos ABS.-

El país que ocupa el primer lugar en la producción de ABS es Estados Unidos de América. Pero también existen productores en el resto del mundo.

Los principales productores del polímero ABS en el mundo son

(1973)

Compañía. (país)	Capacidad
Europa:	
Plastimer. (Francia) _____	40,000 Ton/año.
Villers-Sainte-Sepulchre. (Francia)_____	40,000 "
Ludwigs-Hafen. (Alemania Occidental)_____	24,000 "
DSM's. (Holanda). _____	10,000 "
Monsanto Europea. (Bélgica)_____	50,000 "
Dow. (Holanda)_____	50,000 "
Bayer. (Alemania Occidental)_____	100,000 "
International Synthetic Rubber Co. (Ing.)_____	30,000 "
Wingles. (Francia)_____	25,000 "
Monsanto Ibérica. (España)_____	31,000 "
Anchor Chemical Co. (Inglaterra)_____	50,000 "
Anic, Ravenna. (Italia)_____	7,000,000 "
Polimex. (Polonia)_____	10,000 "
BASF. (Alemania Occidental)_____	25,000 "
Chemopetrol. (Checoslovaquia)_____	8,000 "
Technashimport. (U.R.S.S.)_____	20,000 "
Pelkin Petrokimyan. (Turquía)_____	En proyecto.
América:	
Monsanto Co., Ohio. (E.U.)_____	30,000,000 libras/año
Petroquisa, Duque de Calaix. (Brasil)_____	10,000 ton/año
Japón:	
Iemitsu Petrochemical Co. _____	10,000 "

Japan Synthetic _____ 50,000 Ton/año.
Tokyo Soda Kogyo KK _____ 50,000 "

Referencias: (3, 24, 31, 33, 34).

Para 1974 se han proyectado las siguientes plantas:

Compañía, localización. (país) _____ Capacidad.

Marbon Chem., Ottawa. (E.U.) _____ 120,000,000 libras/a.

I. S. R. Co., Hythe. (Inglaterra) _____ 10,000 Ton/año.

Anic, Ravenna (Italia) _____ 24,000 "

Arranon, Sabadell. (España) _____ 13,000 "

BASF AG Ludwigshafen. (Alemania Occidental) _____ En proyecto.

Gujarat State Fertilizer. (India) _____ 4,000 Ton/año.

Referencia: (37).

Para 1980, se estima que el consumo de plásticos ABS en Estados Unidos será de 1.4 billones de libras.

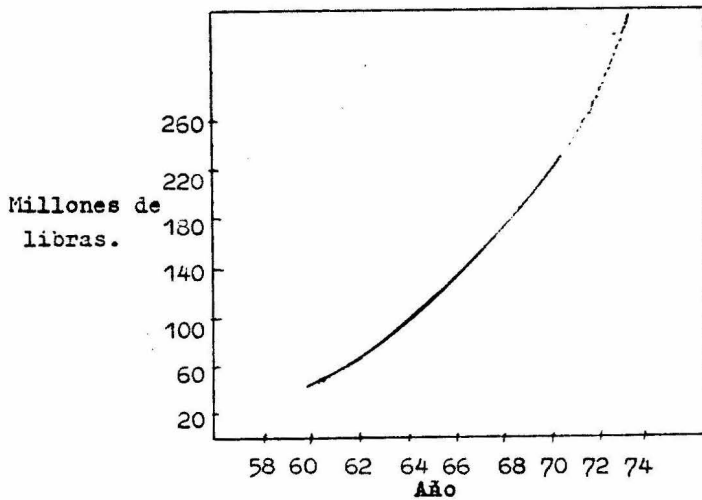


FIG 20.- FUTURO DE LOS PLASTICOS ABS.

TESIS PROFESIONAL
"Tecnología del A.B.S." 1974.
Valencia Rodríguez José Isabel.
Fac. de Ciencias Químicas UNAM.

APENDICE A

APENDICE ▲

"GRADOS DEL POLIMERO A.B.S."

Designación.
Características
Propiedades.
Aplicaciones.

Los diferentes grados del polímero ABS producidos actualmente en los Estados Unidos de América por:

Monsanto Company,
Marbon Chemical Division,
U. S. Rubber Company,
B. F. Goodrich Chemical Company y
Uniroyal;

se describen en éste apéndice A.

Cada grado del polímero ABS tiene sus propias propiedades específicas, su propio método de acabado y termoformado y sus principales aplicaciones. Estos grados del polímero ABS son:

GRADOS DE ABS

MONSANTO COMPANY (10),(38).

Designación	Especificaciones.
LUSTRAN I-710	<ul style="list-style-type: none"> - Moldeo por inyección . - Buena resistencia a la tensión , al deslizamiento y resistencia química. - Se emplea en partes estructurales en donde se requiere máxima flexibilidad. - Resistencia al impacto.
LUSTRAN I-720	<ul style="list-style-type: none"> - Moldeo por inyección. - Mismas características que LUSTRAN I-710 con mejoras en la resistencia al calor.
LUSTRAN I-761	<ul style="list-style-type: none"> - Extrusión de láminas. - Alta resistencia al impacto con excelente estabilidad del proceso y alta producción.
LUSTRAN I610	<ul style="list-style-type: none"> - Moldeo por inyección. - Excelente flexibilidad con mejoras en la tensión y propiedades de deslizamiento y flujo. - Presenta mayor flexibilidad.
LUSTRAN I-620	<ul style="list-style-type: none"> - Moldeo por inyección. - Similar a LUSTRAN I-610 pero con mejor resistencia al calor y alta producción.

- LUSTRAN I-410
- Moldeo por inyección.
 - Buen balance de flexibilidad, resistencia química y a la tensión.
 - Estabilidad .
- LUSTRAN I-420
- Moldeo por inyección.
 - Semejante a LUSTRAN I-410 pero con mejor resistencia al calor y rápida producción.
- LUSTRAN I-461
- Excelente extrusión de láminas.
 - Diseñado para usos en donde se requiere un balance de flexibilidad, resistencia química, alto módulo y propiedades de resistencia al deslizamiento.
- LUSTRAN I-210
- Moldeo por inyección.
 - Máxima resistencia química, superficie dura y resistencia al deslizamiento.
 - Módulo alto, superficie brillante y moldeable.
- LUSTRAN I-220
- Moldeo por inyección.
 - Igual a LUSTRAN I-210 pero con mayor resistencia al calor y producción alta.
- LUSTRAN I-261
- Extrusión de láminas.
 - Buen impacto y módulo máximo, resistencia química y resistencia a la tensión y flexión.
 - Estabilidad superior en el proceso y excelente brillantez.

U.S. RUBBER COMPANY. (10).

KRALASTIC MH	<ul style="list-style-type: none"> -Moldeo por inyección y extrusión de perfiles. -Alto impacto, resistencia química con excelente moldeabilidad y extrudabilidad. -Alta brillantez y buen acabado. -Flujo rápido.
KRALASTIC MHA	<ul style="list-style-type: none"> -Moldeo por extrusión de perfiles. -Alto impacto y resistencia química; combinadas con alta brillantez y excelentes características del proceso.
KRALASTIC MHB	<ul style="list-style-type: none"> -Moldeo por inyección y extrusión de perfiles. -Máxima rigidez. -MEDIANO impacto.
KRALASTIC MV	<ul style="list-style-type: none"> -Moldeo de láminas por inyección y extrusión de perfiles. -Máximo impacto con propiedades a bajas temperaturas.
KRALASTIC SR	<ul style="list-style-type: none"> -Extrusión de láminas. -Alto impacto, químicamente resistente y resistencia al calor. -Alta rigidez, resistencia a las raspaduras y excelente estabilidad dimensional. -Flujo normal.
KRALASTIC SRA	<ul style="list-style-type: none"> -Extrusión de láminas.

- Máxima rigidez.
 - Mediano impacto.
- KRALASTIC SRB
- Extrusión de láminas.
 - Buen impacto combinado con excelente proceso.
 - Alta resistencia y rigidez.
- KRALASTIC K-2938
- Moldeo por inyección y extrusión de perfiles.
 - Resistencia al calor y a las raspaduras.
 - Rigidez y estabilidad dimensional.
- KRALASTIC 400
- Extrusión de tuberías.
 - Alta tensión, alto impacto y resistencia al calor.
 - Bajo deslizamiento.
- KRALASTIC K-2540
- Extrusión y prensado de láminas.
 - Impacto superior, flujo rápido, -químicamente resistente.
 - Extrusión y prensado excelentes.
 - Buen sustituto de la piel.
- HARBON CHEMICAL COMPANY. (39).
- CYCOLAC A
- Moldeo por inyección.
 - Extrusión de láminas.
 - Mediano impacto.
- CYCOLAC AH
- Moldeo por inyección.
 - Alta resistencia al calor.

CYCOLAC CG	<ul style="list-style-type: none"> -Extrusión de láminas. -Flexibilidad, alto impacto. -Baja brillantez.
CYCOLAC DF	<ul style="list-style-type: none"> -Moldeo por inyección. -Mediano impacto.
CYCOLAC DH	<ul style="list-style-type: none"> -Moldeo por inyección. -Alta resistencia al calor.
CYCOLAC E	<ul style="list-style-type: none"> -Moldeo por inyección. -Extrusión de láminas. -Alto impacto a bajas temperaturas
CYCOLAC GS	<ul style="list-style-type: none"> -Moldeo por inyección y soplado. -Extrusión de láminas. -Máxima flexibilidad. -Módulo alto. -Alto impacto.
CYCOLAC GSE	<ul style="list-style-type: none"> -Extrusión y prensado de láminas. -Máxima flexibilidad con alta rigidez y dureza. -Excelentes propiedades de superficie y de termoformado.
CYCOLAC GSM	<ul style="list-style-type: none"> -Moldeo por inyección y soplado. -Máxima flexibilidad con alta rigidez. -Excelente flujo y superficie brillante.
CYCOLAC H	<ul style="list-style-type: none"> -Moldeo por inyección y extrusión de láminas. -Impacto superior a altas temperaturas.

- CYCOLAC L
- Extrusión de perfiles.
 - Prensado con calandria.
 - Máxima flexibilidad a bajas tempe raturas.
- CYCOLAC T
- Moldeo por inyección.
 - Alta flexibilidad, máxima dureza.
 - Resistencia a la tensión, flujo - rápido.
 - Superficie brillante.
- CYCOLAC X-7
- Moldeo por inyección.
 - Resistencia a la distorción combi nada con buena flexibilidad.
- CYCOLAC X-17
- Moldeo por inyección.
 - Extrusión.
 - Resistencia al calor con buena -- moldeabilidad.
- CYCOLAC X-27
- Moldeo por inyección.
 - Resistencia a la distorción, buen impacto y módulo alto.
 - Excelente resistencia a la defor- mación a altas temperaturas.
- CYCOLAC SF
- Extrusión de perfiles.
 - Resina semiflexible.
- CYCOLAC B
- Extrusión de tuberías.
 - Buen flujo y apariencia.
 - Alto impacto.
- CYCOLAC LL
- Extrusión de tuberías.
 - Excelentes propiedades de proce- so para resistir altos esfuerzos.
 - Máxima resistencia al impacto.

- CYCOLAC C
- Extrusión de tuberías.
 - Propiedades de proceso excelentes
 - Alta rigidez.
 - Altos esfuerzos.
- CYCOLAC AM
- Moldeo por inyección.
 - Resina de mediano impacto.
 - Alta brillantez y buen flujo.
- CYCOLAC AE
- Extrusión de láminas y perfiles.
 - Resina de mediano impacto que ofrece buen control de la dimensión de perfiles.
 - Buen control de la velocidad de extrusión.
 - Excelente brillantez y buen termo formado de la lámina.
- CYCOLON DM
- Moldeo por inyección.
 - Máxima tensión y rigidez.
 - Alta brillantez y buen flujo.
 - Mediano impacto.
- CYCOLON DE
- Extrusión de láminas y perfiles.
 - Mediano impacto combinado con máxima tensión y rigidez.
- BLENDEX 101
- BLENDEX 201
- BLENDEX 301
- BLENDEX 401
- Con mezclas de resina de PVC para mejorar las propiedades de las láminas de ABS. Mejoran el alto impacto a bajas temperaturas.
- GRADOS DE ABS PLATEADOS .-(MARBON CHEMICAL COMPANY.) (39).
- CYCOLAC EP 3510
- Moldeo por inyección.

- Excelente adhesión del metal.
 - Baja cantidad del metal adherido.
 - Se combina con cromo, oro, níquel y bronce.
 - Excelente control de calidad.
- CYCOLAC EPE 3521
- Extrusión.
 - El plateado es similar a EP3510.
- CYCOLAC EPA 3530
- Moldeo por inyección.
 - Resistente a las condiciones de proceso.
- CYCOLAC EPF 3540
- Moldeo por inyección.
 - Superior adhesión del plateado.
 - Alta resistencia al impacto.

PRODUCTOS AUTOEXTINGUIBLES.

- CYCOVIN KA
- Aleación ó mezcla de ABS/PVC.
 - Moldeo por inyección.
 - Alto impacto.
- CYCOLAC KL
- Moldeo por inyección.
 - No contiene PVC.
 - Excelente apariencia.
 - Resistencia al impacto.
- CYCOLAC KJ
- Moldeo por inyección.
 - Fácil proceso.
 - Las características autoextinguibles las mejora hasta 0.090 pulg.
 - Mejora la resistencia a la flama.
- CYCOLAC KM
- Moldeo por inyección. Autoextinguible.

ESPUMAS DE ABS

CYCOLAC JP

- Moldeo por inyección.
- Densidad variable: 30-50 lb/ft³.
- Acabado superficial tipo madera.
- Buenas propiedades de mantenimiento.

CYCOLAC JS

- Fundición expansiva.
- Densidad : 31-36 lb/ft³.
- Alta rigidez.
- Conductividad térmica: 0.58 BTU/
/hr ft² F/pulg.
- Técnica rápida similar a la empleada en la madera.
- Menor sensibilidad a la humedad - que la madera.

ALEACIONES O MEZCLAS DE PLASTICOS.

CYCLOY 800

- Aleación de ABS/Policarbonato.
- Moldeo por inyección y extrusión.
- Alto impacto, alta resistencia al calor y módulo alto.

GRADOS DE ABS DE PERMOFORMADO AL VACIO

CYCOPAC 155

- Extrusión.
- Material diseñado para operaciones de conversión de formado al vacío mediante enfriamiento.
- Apropiado para empaques de alimentos.
- Excelente apariencia y buenas propiedades a bajas temperaturas.

-La distorsión se emplea como decoración.

CYCOLAC MS

- Extrusión.
- Material diseñado para operaciones de conversión para formado frío.
- Se emplea en la industria.
- Excelente apariencia y buenas propiedades a bajas temperaturas

B. F. GOODRICH CHEMICAL COMPANY. (39).

ABSON 89015

- Moldeo por inyección y extrusión de láminas.
- Excelente flujo de inyección. Extrusión con alta brillantez.
- Alto impacto a bajas temperaturas

ABSON 89016

- Extrusión de láminas y perfiles.
- Proceso fácil. Los productos tienen superficie brillante, baja contracción residual y excelente resistencia al impacto.

ABSON 89017

- Extrusión de láminas y moldeo por inyección.
- Alta resistencia a la tensión, rigidez, buena resistencia al impacto con proceso fácil.

ABSON 810X17

- Planchado ó prensado de láminas.
- Fácil proceso
- Se emplea para prensado de compuestos que contienen PVC.

UNIROYAL. (39).

KRALASTIC K-3141

- Moldeo por inyección.
- Compuesto antiestático.
- Buena resistencia al impacto
- Excelente apariencia superficial.

KRALASTIC K-3170

- Moldeo por inyección.
- Material de superflujo.
 - Sirve para construir partes afina
das.
 - Viscosidades:
 - a 350 F 19,000 cps.
 - a 450 F 5,000 cps.

APENDICE B

APENDICE B

" GRÁFICAS DE PROPIEDADES DEL ABS Y OTROS PLÁSTICOS"

Comparación.
Análisis.
Observaciones.

Este apéndice B describe y analiza las propiedades de los plásticos ABS comparándolas con las de otros plásticos. Estas propiedades están limitadas a los tipos termoplásticos que pueden fabricarse por métodos similares a los del ABS.

Los plásticos ABS se comparan con otros plásticos en: densidad, resistencia a la carga cíclica, estabilidad dimensional, resistencia química, apariencia y costo.

El PVC y los celulósicos tienen la mejor resistencia a la luz solar.

Las figuras 21, 22, 23, 24 y 25 comparan las propiedades del ABS con otros termoplásticos.

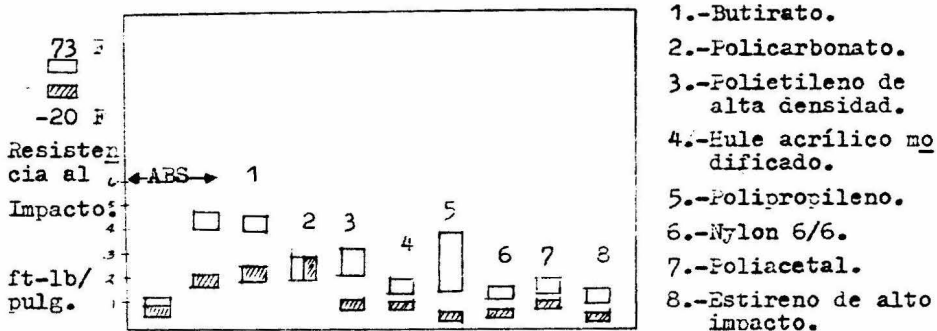


FIG 21.-PRUEBA DE RESISTENCIA AL IMPACTO PARA VARIOS TERMOPLASTICOS.

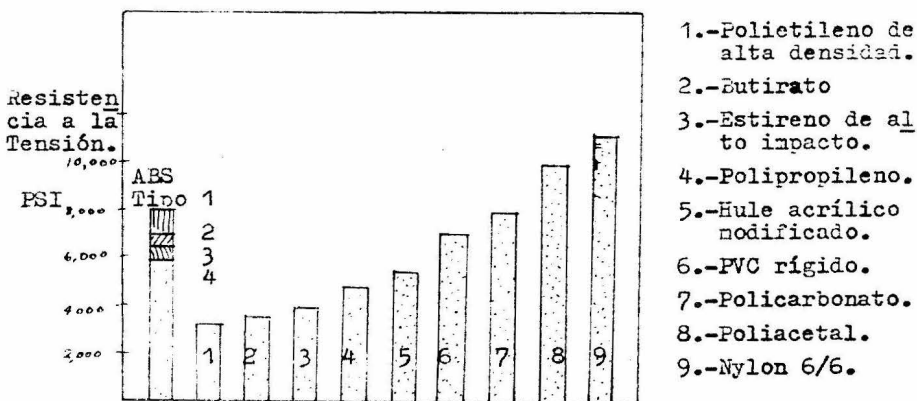
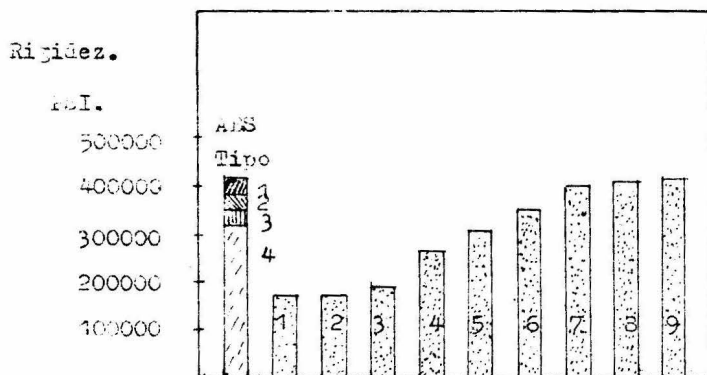


FIG 22.-PROPIEDADES DE TENSION DEL ABS Y CEROS TERMOPLASTICOS.

TESIS PROFESIONAL
"Tecnología del A.B.S." 1974.
Valencia Rodríguez José Isabel.
Fac. de Ciencias Químicas. UNAH

FIG 23.-PROPIEDADES DE RIGIDEZ DE VARIOS
TIPOS DE ABS Y DE OTROS TERMOPLASTICOS.



- 1.-Polietileno de alta densidad.
- 2.-Polipropileno.
- 3.-Butirato.
- 4.-Hule acrílico modificado.
- 5.-Policarbonato.
- 6.-Estireno de alto impacto.
- 7.-Poliacetal.
- 8.-PVC rígido.
- 9.-Nylon 6/6.

TESIS PROFESIONAL

"Tecnología del A.B.S." 1974.
Valencia Rodríguez José Isabel.
Fac. de Ciencias Químicas. UNAM.

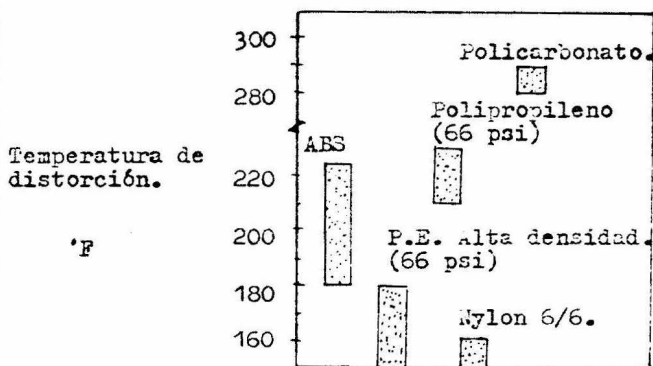


FIG 24.- TEMPERATURA DE DISTORSION DE LOS PLASTICOS ABS Y DE OTROS TERMOPLASTICOS.

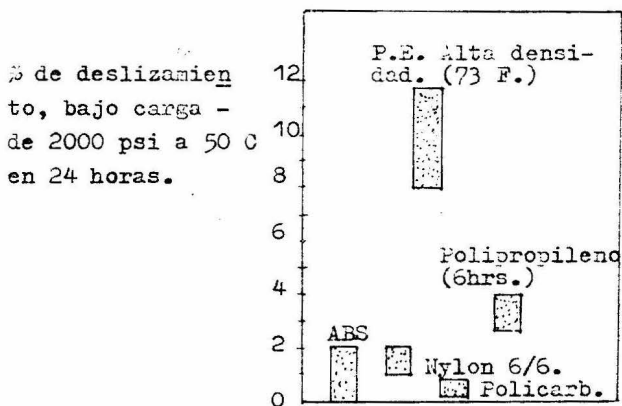


FIG 25.- FENOMENO DE DESLIZAMIENTO DEL ABS Y DE OTROS TERMOPLASTICOS.

TESIS PROFESIONAL
 "Tecnología del A.B.S." 1974.
 Valencia Rodríguez José Isabel.
 Fac. de Ciencias Químicas. UNAM.

Análisis y observaciones de las gráficas.-

- Figura 1.- Esta gráfica hace una comparación de propiedades de resistencia al impacto. La comparación se lleva a cabo con varios termoplásticos y a 2 diferentes temperaturas. Se observa que a -20 F, el ABS es el menos resistente al impacto; pero a 73 F, sucede lo contrario, el ABS-tipo 4 es el que tiene mayor resistencia al impacto.
- Figura 2.- Propiedades de tensión.- De los 10 termoplásticos que se ilustran en ésta gráfica, el nylon 6/6 es el que tiene las mejores propiedades de tensión. El ABS tiene propiedades de tensión muy cercanas a las del nylon. La desventaja del nylon 6/6 está en su precio, el cual es demasiado alto. Por ésta razón; el ABS, desde el punto de vista económico, es el plástico más aceptado en la industria.
- Figura 3.- Propiedades de rigidez.- El ABS-tipo 4, nylon 6/6 y el PVC compiten en propiedades de rigidez. De los 3 el más barato es el ABS.
- Figura 4.- Temperatura de distorsión.- La temperatura de distorsión del ABS solo es superada por la del policarbonato.
- Figura 5.- Propiedades de deslizamiento.- En ésta gráfica, el ABS también es superado por el policarbonato, el cual tiene menos % del fenómeno de deslizamiento. La diferencia de % de deslizamiento entre el ABS y el policarbonato es aproximadamente de 1%. Por consiguiente se puede emplear ABS ó policarbonato en cualquier proceso de formado y acabado de materiales plásticos; pero si se desea economizar, el plástico a emplear será el ABS.

Resumiendo.

Como resultado de las observaciones hechas en las propiedades del ABS y otros plásticos; se puede afirmar que: el plástico-ABS, salvo en pocas excepciones, es el material termoplástico de más futuro en la industria plástica en general.

La única desventaja, como ya se observó en el capítulo V, es lo caro de la tecnología. Pero ésta desventaja se compensa enormemente con el excelente número de propiedades encontradas en este polímero.

CONDICIONES.

CONCLUSIONES

I.- Sobre el material.

Se ha visto que los productos plásticos hechos a partir del acrilonitrilo-butadieno-estireno (A.B.S.), presentan muchas ventajas en lo -- que se refiere a las resistencias: mecánica, a la tensión, al impacto a la flexión, a la fatiga, a la abrasión, a los agentes tanto quími--cos como corrosivos, a la interperie, etc. ; que sus semejantes que - contienen algún ó algunos de los monómeros del ABS, por ejemplo los - poliestirenos. También presentan ventajas sobre los policarbonatos, - polipropileno, nylon, PVC, etc.

Esto permite la fabricación de una gran variedad de artículos en pleados en:

Industria automotriz.- Principalmente en la fabricación de ar--tículos cromoplateados.

Refrigeración.- En la manufactura de partes interiores de los refrigeradores, substituyendo así al poliest--reno de alto impacto por ser vulnerable al --freón 11.

Industria del zapato.- Construcción de tacones.

Electrónica.- Comunicación, radio y televisión.

Usos en: Equipaje, teléfonos, tubería, empaque, utensilios de mésticos-batidoras eléctricas, aspiradoras, acondi--cionadores de aire, lavadoras, etc.-.

Industria en general.⊕ Construcción de partes para máquinas - de escribir, máquinas registradoras, - proyectores y cámaras fotográficas, etc

Además, debido a sus propiedades tanto físicas como químicas y al gran número de clases, tipos ó grados del ABS; sumadas con el bajo - costo de fabricación del polímero ABS, se espera un gran auge comer--

cial de todos los artículos plásticos manufacturados a partir de éste polímero.

Luego, desde éstos puntos de vista, es importante y necesario además de favorable y conveniente su fabricación; la producción de artículos a partir de ABS.

II.- Sobre el equipo de las técnicas de acabado y formado.

La adaptación del equipo empleado en la industria hulera y la de los poliestirenos es satisfactoria y dá los resultados deseados.

Aún más, que no es muy conveniente la inversión de capital en equipo nuevo diseñado para obtener productos a partir de materiales termoplásticos semejantes a los del ABS: primero por su alto costo de adquisición y por la tardanza de su entrega, y segundo por la improbabilidad de su amortización ya que éstos artículos son de novedad, del momento y que seguramente pueden ser desplazados por otros mas novedosos económicos y con mayor rapidez de producción de artículos de ABS.

Con el paso del tiempo surgen nuevas aplicaciones de éstos termoplásticos de ABS, para las cuales también se pueden emplear las técnicas de la industria hulera; principalmente en el termoformado al vacío moldeo por inyección y termoformado con calandria, que en el caso de adquirir equipo, implica una gran inversión de capital por su elevado costo.

III.- Sobre el equipo de proceso para obtener el ABS.

El equipo que se emplea en el proceso de obtención del ABS es semejante al utilizado en otros procesos de obtención de termoplásticos similares; por lo tanto, los problemas son mínimos en la adaptación de equipo de un proceso a otro.

Lo que si implicaría un gasto considerado será el licenciamiento de la tecnología; ya que ésta involucra un determinado proceso que muy pocas compañías poseen, y además el número de polimerizaciones durante el proceso es mayor. Pero el gasto es compensado enormemente con la amplia gama de propiedades que muy pocos termoplásticos presentan, así como también por la gran variedad de tipos y grados del ABS que se obtienen.

Resumen.-

Siendo satisfactorios los resultados obtenidos con la adaptación de equipo, resulta ventajoso por las razones que a continuación se exponen la adaptación de equipo empleado en la industria hulera a la manufactura de artículos a partir de ABS:

- 1.- Por su rápida adaptación.
- 2.- Por lo económico de la adaptación.
- 3.- Por los buenos resultados obtenidos; tanto técnicos como comerciales.
- 4.- Por presentar amplios campos para nuevos productos.

Finalmente, la producción y obtención del ABS en México sería muy útil y benéfica. Actualmente no se produce ABS.

La obtención del ABS no será costosa, ya que en el país se produce la materia prima que son los monómeros de acrilonitrilo, butadieno y estireno; y también se tienen las técnicas de formado y acabado de otros termoplásticos, que fácilmente se pueden adaptar para obtener productos plásticos de ABS.

El único gasto serio será el licenciamento de la tecnología.

BIBLIOGRAFIA .

BIBLIOGRAFIA

El número encerrado entre paréntesis indica el número de referencia.

- 1.- "Encyclopedia of Chemical Technology".
Kirk & Othmer.
Publishers N.Y. 1963. 2a Edición.
Volumen 19. Páginas 95-112.
- 2.- "Chemical Engineering Progress".
Septiembre 17, 1962. Páginas 154-156.
- 3.- "Hydrocarbon Processing International"
Sección 2, febrero 1972.
Worldwide HPI Construction Boxcore
Páginas 7,12,14,19,23,36,38.
- 4.- "Chemical Marketing Reporter" (Publicación semanal).
Noviembre 1973.
Lista de precios
- 5.- "Plastics Technology"
Abril 1969. Páginas 414-425.
- 6.- "Plastics Technology"
Octubre 1966. "ABS".
Páginas 32-39.
- 7.- "British Plastics"
Agosto 1971.
Páginas 27-29.
- 8.- "Gum Plastics"
Thompson, H.S.
New York, Reinhold Publishing Corp., 1965.

- 9.- "Styrene" Its polymers, copolymers and derivates.
 Boundy, R.H.
 New York, Reinhold Publishing Corp., 1952.
- 10.-"ABS Plastics"
 Basdekis J.H.
 Reinhold Publishing Corp., 1965.
- 11.-"Manufacture of plastics"
 Smith W. Mayo
 Reinhold Publishing Corp., 1964.
 Volumen I
- 12.-"British Plastics"
 Septiembre 1966.
 -Processing of ABS-
 Páginas 508-511.
- 13.-"Plastic sheet forming"
 Butzko R.I.
 New York Reinhold Publishing Corp., 1958.
- 14.-"Plastics Technology"
 Diciembre 1965. -Vacuum Forming ABS-
 Páginas 35a37.
- 15.-"Chemical Eng. Progress"
 Noviembre 1966. -Plastics processing-
 Páginas 94 a 97.
- 16.-"Chemical Eng. Progress"
 Junio 8, 1964 -Plated plastics invade the metal parts mar-
 Páginas 106 a 108. ket.

- 17.-"Plastics Technology"
Mayo 1965. -New market for plated ABS-
Páginas 94 a 95, 213.
- 18.-"Modern plastics encyclopedía" 1971-1972.
-ABS foam-
Página 138.
- 19.-"British Plastics"
Octubre 1966.
Páginas 591 a 594.
- 20.-"Rheology of polymers"
Severs E.T.
N.Y. Reinhold Publishing Corp., 1962.
- 21.-"Chemical Eng News"
Marzo 1963.
Página 48.
- 22.-"British Plastics"
Diciembre 1965
Páginas 704 a 709.
- 23.-"Modern plastics international"
Enero 1973.
Páginas 52 a 55.
- 24.-"British plastics"
Enero 1967 -State of the industry-
Páginas 60-61.
- 25.-"Modern plastics"
Noviembre de 1965
Páginas 86 a 91, 172 a 176.

- 26.-"British plastics"
 Octubre 1966 -Plated ABS-
 Páginas 568 a 571.
- 27.-"Modern plastics international"
 Agosto 1972 -Termoforming takes another giant step-
 Páginas 22,23
- 28.-"Modern plastics"
 Diciembre 1966 -Two new directions for ABS-
 Páginas 102 a 104, 188.
- 29.-"British plastics"
 Noviembre 1966 -Finishing techniques decoration-
 Páginas 115 a 119.
- 30.-"Modern plastics international"
 Agosto 1972.
 Páginas 24.
- 31.-"Chemical profile": Marshall and Sitting.
 Editorial Noyes. Octubre 1,1965.
 -ABS resins-
- 32.-"Modern plastics enciclopedia" 1968-1969.
 -Reinforced termoplastics-
 Páginas 637 a 640.
- 33.-"European chemical news"
 Julio 24, 1970 página 13.
 Septiembre 4, 1970 página 18.
 Mayo 7, 1971 página 8.
 Mayo 26, 1971 página 4.
 Febrero 4, 1972 página 4.
 Febrero 25, 1972 página 4.
 Mayo 12, 1972 página 8.

- 34.-"Chemical Eng news" 40,25
Agosto 20, 1962.
Página 26.
- 35.-"Chemical Eng. news" 42, 25.
Enero 13, 1964.
Página 25.
- 36.-"Chemical Eng. news"
Enero 13, 1964.
Páginas 25, 26, 27.
- 37.-"Hydrocarbon Processing International"
Sección 2. Febrero 1974
World-wide HPI Construction Boxcore
Páginas 16, 17, 19, 22, 24, 27, 33, 35.
- 38.-"Modern plastics encyclopedia" 1971-1972.
Suplemento "Marbon"
- 39.-"Modern plastics encyclopedia" 1970-1971.
Suplemento "A.B.S."