

CAPÍTULO 2

2. RESINAS Y ADITIVOS

A continuación se presenta una descripción de los tipos de resinas y aditivos que se usan en la elaboración de productos plásticos, con un mayor enfoque a los que se usan en la fabricación de películas para fundas.

Además se presentará uno de los métodos que se utilizan para el diseño de mezclas, requeridas para obtener un determinado producto final.

2.1. Resina

A partir de un monómero dado, una gran variedad de polímeros, también llamados resinas, se pueden obtener químicamente. La primera serie de variables estructurales que pueden ser alteradas por cambios en las condiciones de polimerización son el peso molecular, la densidad de reticulación y el grado de ramificación; las cuales son de mucha importancia en la conformación de los

polímeros, teniendo cierta influencia en la transformación de los mismos.

2.1.1. Tipos de Polímero

En la tabla 2.1 se muestra los diferentes tipos de polímeros existentes; en el apéndice 1 se muestra una tabla con información más detallada.

TABLA 2.1

POLÍMEROS MÁS COMUNES

Poliestireno
Polivinilcloruro
Polipropileno
Policarbonato
Polietileno Alta densidad
Polietileno Baja densidad

Ahora se describe las resinas que no están involucradas en la elaboración de fundas, pero no son menos importantes; con lo cual se podrá diferenciarlas.

Entre ellos tenemos los siguientes:

Poliestireno

El poliestireno (PS) es un polímero termoplástico que se obtiene de la polimerización del estireno. Existen cuatro tipos principales: el PS cristal, que es transparente, rígido y quebradizo; el poliestireno de alto impacto, resistente y opaco; el poliestireno expandido, muy ligero, y el poliestireno extrusionado, similar al expandido pero más denso e impermeable.

Las aplicaciones principales del PS de alto impacto y el PS cristal son la fabricación de envases mediante extrusión-termo formado, y de objetos diversos mediante moldeo por inyección. Las formas expandidas y extruidas se emplean principalmente como aislantes térmicos en construcción.

Polivinilcloruro

Es un polímero termoplástico, que se presenta como un material blanco, que comienza a reblandecer alrededor de los 80°C y se descompone sobre 140°C. Cabe mencionar que es un polímero por adición y además una resina que resulta de la polimerización del cloruro de vinilo o

cloroetileno, tiene una muy buena resistencia eléctrica y a la llama.

En la industria existen dos tipos:

Rígido: para envases, ventanas, tuberías, que actualmente son más usadas que las de hierro (que se oxidan más fácilmente).

Flexible: cables, juguetes, calzados, recubrimientos, etc.

Polipropileno

Es un polímero termoplástico, parcialmente cristalino, que se obtiene de la polimerización del propileno. Pertenece al grupo de las poliolefinas y es utilizado en una amplia variedad de aplicaciones que incluyen empaques para alimentos, tejidos, equipo de laboratorio, componentes automotrices y películas transparentes. Tiene gran resistencia contra diversos solventes químicos, así como contra álcalis y ácidos.

Polietileno Tereftalato

El Tereftalato de polietileno, más conocido por sus siglas en inglés PET, Polyethylene Terephthalate, es un tipo de plástico muy usado en envases de bebidas y textiles.

Químicamente es un polímero que se obtiene mediante una reacción de policondensación entre el ácido tereftálico y el etilenglicol, pertenece al grupo de materiales sintéticos denominados poliésteres.

Es un polímero termoplástico lineal, con un alto grado de cristalinidad, como todos los termoplásticos puede ser procesado mediante extrusión, inyección, soplado de preforma y termoconformado.

Policarbonato

El policarbonato es un grupo de termoplásticos fácil de trabajar, moldear y termoformar, son utilizados ampliamente en la manufactura moderna, el nombre policarbonato se basa en que se trata de polímeros que presentan grupos funcionales unidos por grupos carbonatos en una larga cadena molecular.

Politetrafluoroetileno

Es un polímero similar al polietileno, en el que los átomos de hidrógeno han sido sustituidos por átomos de flúor; la fórmula química del monómero, tetrafluoretileno, es $CF_2=CF_2$.

La virtud principal de este material es que prácticamente es inerte, no reacciona con otras sustancias químicas excepto en situaciones muy especiales, esto se debe básicamente a la protección de los átomos y partículas de jorja flúor sobre la cadena carbonada.

Esta carencia de reactividad hace que su toxicidad sea prácticamente nula y es de hecho, el material con el coeficiente de rozamiento más bajo conocido, otra cualidad característica es su impermeabilidad, manteniendo además sus cualidades en ambientes húmedos.

Polibutadieno

El polibutadieno es un elastómero o caucho sintético que se obtiene mediante la polimerización de 1,3-Butadieno.

La molécula de butadieno se puede polimerizar de tres maneras diferentes, originando tres isómeros llamados cis, trans y vinilo; las propiedades del polibutadieno son diferentes según la proporción de cada uno de estos isómeros que contenga en sus moléculas.

Así por ejemplo el polibutadieno llamado "alto-cis" tiene una alta elasticidad y es muy apreciado mientras que el denominado "alto-trans" es un plástico cristalino sin ninguna aplicación de utilidad.

2.1.2. Polietileno y sus clases

El polietileno (PE) es químicamente el polímero más simple, se representa con su unidad repetitiva $(\text{CH}_2\text{-CH}_2)_n$, es químicamente inerte, se obtiene de la polimerización del etileno (de fórmula química $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ y llamado eteno por la IUPAC), del que deriva su nombre.

Éste es el termoplástico más usado en nuestra sociedad, pertenece a la familia de las poliolefinas, que provienen de los hidrocarburos simples, los productos hechos de

polietileno van desde materiales de construcción y aislantes eléctricos hasta material de empaque.

Por su alta producción mundial es también el más barato, siendo uno de los plásticos más comunes y puede moldearse a casi cualquier forma, extruírse para hacer fibras o soplarse para formar películas delgadas.

En esta familia existen los siguientes tipos:

Polietileno de Baja Densidad (LDPE)

Dependiendo del catalizador, este polímero se fabrica de dos maneras:

- ✓ Alta presión
- ✓ Baja presión

En el primer caso se emplean los llamados iniciadores de radicales libres como catalizadores de polimerización del etileno, el producto obtenido es el polietileno de baja densidad ramificado.

Cuando se polimeriza el etileno a baja presión se emplean catalizadores tipo Ziegler Natta y se usa el buteno-1 como comonómero, de esta forma es como se obtiene el

polietileno de baja densidad lineal, que posee características muy particulares, como poder hacer películas más delgadas y resistentes.

Polietileno de alta densidad (HDPE).

Cuando se polimeriza el etileno a baja presión y en presencia de catalizadores Ziegler Natta, se obtiene el polietileno de alta densidad (HDPE).

Se emplea para hacer recipientes moldeados por soplado, como las botellas y los caños plásticos (flexibles, fuertes y resistentes a la corrosión).

El polietileno en fibras muy finas en forma de red sirve para hacer cubiertas de libros y carpetas, tapices para muros, etiquetas y batas plásticas.

Polietileno de Baja Densidad Lineal (LLDPE)

Es un copolímero de etileno/olefina, con una estructura molecular lineal, es considerado un material termoplástico duro y resistente que consiste en un soporte lineal con ramificaciones laterales cortas. Las propiedades del LLDPE

en el estado fundido y en la parte terminada son funciones del peso molecular, la distribución de pesos moleculares, DPM, y de la densidad de la resina.

Las resinas lineales de baja densidad, son el crecimiento más rápido de los polietilenos, debido a su penetración al mercado de las películas ofreciendo un balance de resistencia y rigidez, el LLDPE es usado puro o en una mezcla rica con LDPE en equipos de extrusión diseñados para optimizar la salida.

Polietileno de Peso Molecular Ultra-Alto (UHMWPE)

Este tipo de polietileno presenta un peso molecular ultra-alto de tres a seis millones de gramos por cada gramo-mol, el UHMWPE puede ser utilizado en grandes láminas reemplazando el hielo para pistas de patinaje.

Ofrece ciertas propiedades sobresalientes que lo califican como plástico de ingeniería, su resistencia química es elevada y tiene una gran resistencia al envejecimiento, abrasión, al impacto y a la fatiga. Este material se conserva rígido aún cuando se someta a un calentamiento continuo,

esto es debido a los puntos de entrecruzamiento que posee y que imposibilitan el deslizamiento de las macromoléculas.

Aplicaciones

Estas son algunas de las aplicaciones que tiene este material, en sus diferentes clases.

PEBD (LDPE):

- Bolsas de todo tipo: supermercados, boutiques, panificación, congelados, industriales, etc.;
- Películas para agro;
- Recubrimiento de acequias;
- Envasado automático de alimentos y productos industriales: leche, agua, plásticos, etc.;
- Stretch film;
- Base para pañales desechables;
- Bolsas para suero;
- Contenedores herméticos domésticos;
- Bazar;

- Tubos y pomos: cosméticos, medicamentos y alimentos;
- Tuberías para riego.

PEAD (HDPE):

- Envases para: detergentes, lejía, aceites automotor, champú, lácteos;
- Bolsas para supermercados;
- Bazar y menaje;
- Cajones para pescados, gaseosas, cervezas;
- Envases para pintura, helados, aceites;
- Tambores;
- Tuberías para gas, telefonía, agua potable, minería, láminas de drenaje y uso sanitario;
- Macetas;
- Bolsas tejidas;
- Guías de cadena, piezas mecánicas.
- También se usa para recubrir lagunas, canales, fosas de neutralización, contra tanques, tanques de agua, plantas de tratamiento de aguas, lagos artificiales, canalones de lámina, etc.
- Explora Dome.

2.2. Aditivos

Los polímeros más comerciales están compuestos de macromoléculas, mezclados con una serie de aditivos seleccionados para impartir las propiedades deseadas para el producto final y de esta forma facilitar su fabricación.

Entre los más importantes, se tienen los siguientes:

- Estabilizadores
- Colorantes
- Plastificantes Externos
- Agente de refuerzo
- Rellenos
- Lubricantes
- Antibloqueo

Estabilizadores

Muchos polímeros deben ser llevados a un estado fundido durante el procesamiento a temperaturas muy por encima de las de fusión y de transición vítrea. Esto se hace para reducir su viscosidad y

ampliar el límite superior de las tasas de procesamientos. En consecuencia existe el peligro real de la degradación térmica durante el procesamiento. Por esta razón los estabilizadores de calor, como los radicales libres, son usados, especialmente para los polímeros térmicamente sensibles como el PVC.

La combustión puede ser ampliamente considerada como un proceso que comienza por una rápida degradación térmica de cadenas de polímeros en productos volátiles e inflamables. Una parte del calor generado por la llama es conducida y radiada a la capa de polímero condensada, por lo tanto ocurre una degradación y volatilización más rápida, alimentando la llama. Es fácil entender por qué los productos de degradación de la mayoría de los polímeros comunes son inflamables, puesto que son ricos en carbono y más a menudo de hidrógeno, los cuales poseen alto contenido de carburante.

Ciertos compuestos que contienen halógenos actúan como retardantes de fuego, porque interfieren con el proceso de oxidación de los fragmentos de la cadena, mientras que otros, como el Sb_2O_3 en PVC, actúa interfiriendo con la transferencia de calor en el

estado condensado, o bien aumentando la pérdida de calor por radiación.

Aditivos retardadores de fuego y estabilizadores térmicos se mezclan con polímeros antes de la transformación los cuales deben ser estables y compatibles con la resina. Por otra parte, no deben ser tóxicos.

Las cadenas de polímeros también son sensibles a las formas de energía distintas a la térmica. En particular, los polímeros que son destinados a su aplicación al aire libre como, películas, llantas, materiales de construcción, etc., deben ser capaces de soportar la radiación ultravioleta (UV), para lo cual se añaden estabilizadores de luz ultravioleta.

Por último, casi todos los polímeros están sujetos a la degradación oxidativa, tanto a bajas como a elevadas temperaturas de procesamiento, a largo plazo durante el almacenamiento y uso. Incluso en polímeros saturados -el ejemplo principal es el polipropileno- oxígeno es absorbido y produce radicales libres que reaccionan con las cadenas, por lo general auto catalíticamente, las degradan. La mayoría de los antioxidantes se combinan con los radicales libres generados en oxígeno y los inactivan.

Colorantes

Los polímeros absorben muy poca luz en el rango visible y por tanto, lucen sin color. Por otra parte, los polímeros semicristalinos pueden dispersar la luz, en función de su morfología cristalina, con lo que parecen turbios. Así, por razones decorativas, colorantes, como pigmentos y tintes que absorben la luz en longitudes de onda específicas, se agregan a algunos polímeros.

El colorante se debe mezclar muy bien con el resto de los componentes del polímero; de lo contrario, estéticamente se pueden obtener resultados adversos, además debe ser compatible con ellos.

Plastificantes Externos

Son generalmente moléculas monoméricas que al mezclarse con polímeros con enlaces de hidrógeno o polares, se posicionan entre los enlaces intermoleculares y aumenta la distancia entre enlaces adyacentes. Por supuesto que deben ser polares o ser capaz de

formar puentes de hidrógeno. El resultado de esta acción es reducir el nivel de intensidad de las fuerzas intermoleculares, disminuyendo así la resistencia mecánica y aumentando la flexibilidad de la estructura rígida.

Dado que el efecto de reblandecimiento de plastificantes externos es el mismo que se da con el aumento de la temperatura, la transformación de los compuestos plastificantes requiere temperaturas más bajas para las viscosidades comparables. Por lo tanto existe un pequeño peligro de degradación térmica. Debido a esto, los plastificantes externos son, indirectamente, estabilizadores térmicos.

Si un polímero es rígido debido a factores que dificultan la movilidad de la cadena, los plastificantes externos no ayudan. La cadena debe ser más flexible, esto a veces se puede lograr mediante copolimerización.

En este contexto la copolimerización se refiere a veces como plastificación interna.

Agente de refuerzo

Este tipo de aditivo es muy amplio y de mucha importancia porque mejora las propiedades mecánicas de los polímeros base, principalmente su resistencia y rigidez.

Los plásticos que son usados como materiales estructurales de ingeniería contienen agentes de refuerzo. Fibras de asbesto, fibras de vidrio corta y larga, y, recientemente, fibras de grafito, las cuales son aditivos comunes en aplicaciones para mejorar las propiedades mecánicas, incluyendo la ausencia de fluencia.

Los agentes sólidos de reforzamiento, también amplían el límite superior de temperatura en el uso de la base de los polímeros.

Rellenos

Su función principal es reducir el costo del producto final. Un relleno muy barato, que ocupa una fracción del volumen de un objeto de plástico, tendrá un beneficio económico. Sin embargo, son también aditivos especiales, pueden estar presentes para reducir el coeficiente de expansión térmica de la base del polímero,

para mejorar sus propiedades dieléctricas, o para suavizar polímeros como el PVC.

Lubricantes

Son aditivos, que en concentraciones muy bajas se mezclan con los polímeros, para facilitar su fluidez durante el procesamiento. Existen dos categorías de lubricantes, externos e internos.

Los lubricantes externos son incompatibles a todas las temperaturas con el polímero que estén usando, por lo tanto durante el proceso ellos migran a la interfaz de fusión de metal, promoviendo retrasos efectivos de la fusión mediante la reducción de la viscosidad. Los lubricantes internos por otra parte, son compatibles con el procesamiento de polímeros, pero a ciertas temperaturas.

De este modo, durante el procesamiento reducen las fuerzas intermoleculares entre las cadenas, por consiguiente viscosidad de fusión.

Los productos procesados de plástico, se vuelven incompatibles por una separación de fase, y pueden eventualmente migrar hacia la

superficie, por lo que las propiedades del producto no se ven permanentemente afectadas.

Antibloqueo

Su función principal es evitar que la película se bloquee luego de pasar por los rodillos de tiro, es decir que no se quede pegada con el otro extremo; esto sucede cuando no han sido correctamente fundidas durante el procesamiento, o el aire recibido para enfriar su superficie no ha sido el adecuado.

2.3 Diseño de mezclas

A la hora de diseñar una mezcla se suelen cumplir ciertos pasos, sea de manera formal o de forma intuitiva y casi inconsciente. Si se sigue una secuencia formal y se documenta, es posible lograr optimizaciones desde un principio, lo cual redundará en menores costos y/o mejor desempeño.

La siguiente lista propone una serie de etapas que deben considerarse a la hora de diseñar una mezcla:

1. Seleccione las resinas candidatas de acuerdo con las propiedades deseadas, incluyendo el costo de las mismas.
2. Tabule las ventajas y desventajas de cada resina. Esto permitirá identificar alternativas.
3. Elija combinaciones de resinas que muestren potencial para cumplir con los requisitos de la mezcla. En esta etapa, no se preocupe demasiado de las condiciones de operación, emplee condiciones estándar.
4. Haga un primer estimado de costos. Si los números son atractivos, siga adelante; en caso contrario, seleccione otro conjunto de resinas.
5. Analice la mezcla seleccionada desde la óptica del procesamiento y la aplicación final. Recuerde que hay aspectos, como la apariencia, que no pueden ser predichos.
 - a. ¿Es obvio que va a funcionar o es obvio lo contrario?
 - b. ¿Será procesable con los equipos disponibles?
 - c. ¿Conservará sus propiedades a lo largo de su vida útil?
6. Si la mezcla seleccionada es considerada como apropiada, verifique las propiedades de la película y ajuste las condiciones de operación. Ajuste el espesor o

concentraciones de los componentes de la mezcla para optimizar las propiedades.