



INFLUENCIA DEL PROCESO EN LAS PROPIEDADES DE PELÍCULA SOPLADA *

Por: BASF - Alemania

INTRODUCCIÓN

Las propiedades mecánicas, térmicas y ópticas de película soplada son resultado de la orientación macromolecular que tiene lugar durante el proceso de transformación y se vuelve permanente a partir de la línea de solidificación. Las moléculas tienen "buena memoria", es decir "recuerdan" toda la historia del proceso, desde las condiciones de flujo en el cabezal hasta los procesos de deformación en la zona del cuello.

Para describir el flujo y la deformación se usa por lo general gran número de parámetros tales como: homogeneidad y temperatura de la masa, ancho de la abertura, longitud de la zona de relajación, temperatura del cabezal, relación de soplado y altura de la línea de enfriamiento (figura 1). Todos estos parámetros influyen en la forma de la burbuja en la zona del cuello y definen, en su conjunto, las propiedades de la película.

PELÍCULA SOPLADA DE LUPOLEN (LDPE) y LUCALÉN

Por lo general, las películas de

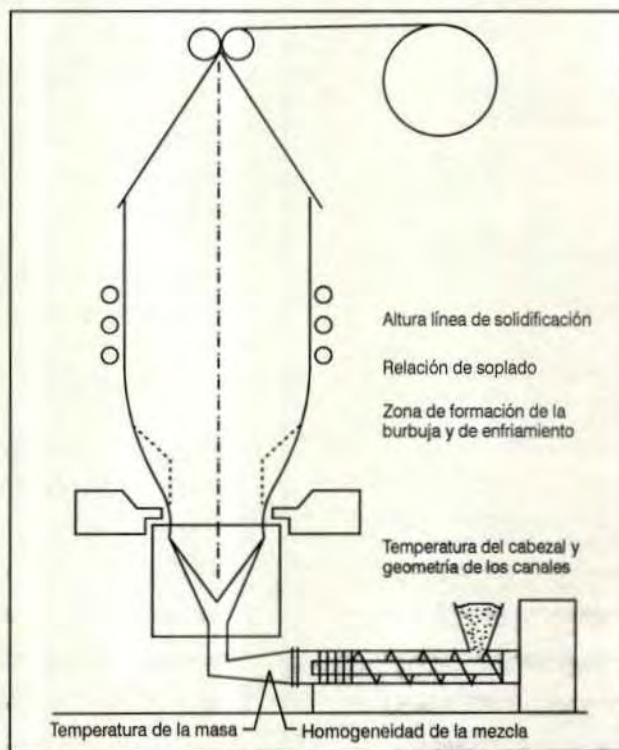


Figura 1. Parámetros que influyen en las propiedades de la película

empaques deben ser delgadas, resistentes y rígidas. Las películas resistentes son elaboradas en LDPE de alto peso molecular material que, en estado fundido, es muy tenaz y poco estirable.

Las películas rígidas requieren de

alta densidad, mientras que las películas delgadas (espesores $<30 \mu\text{m}$) son fabricadas preferiblemente en LDPE de elevada fluidez que, debido a su baja masa molar, posee poca resistencia. Obviamente, no es posible combinar las dos calidades,

* Este artículo amplía la información sobre fallas en película soplada, artículo publicado en la edición número 57, páginas 38-49.

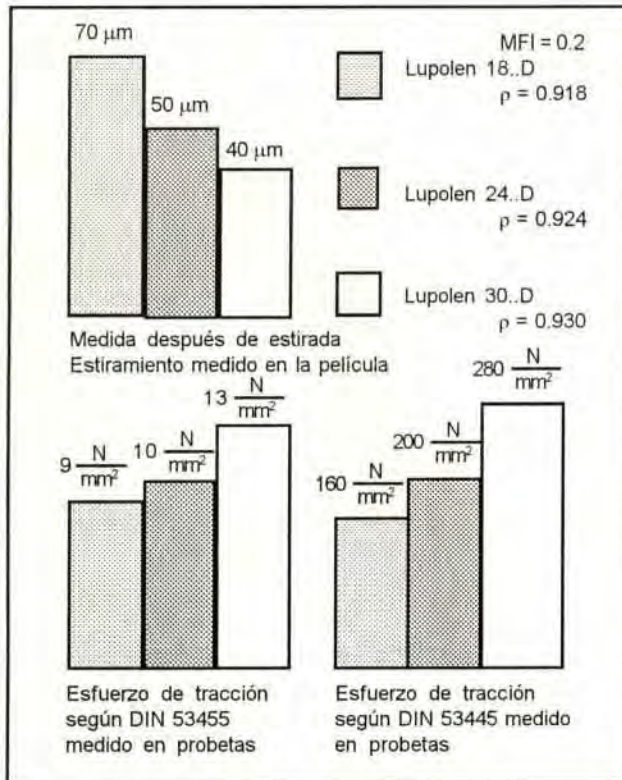


Figura 2. Propiedades de películas de Lupolen D

"delgado" y "resistente", con sólo seleccionar el material. Se necesita la ayuda de una técnica de proceso para transformar en película delgada una masa de elevada viscosidad o en película resistente una masa de elevada fluidez (figura 2).

ESPESOR MÍNIMO, ESTIRAMIENTO

Se puede lograr un mejor estiramiento, si se aumenta la altura de la línea de enfriamiento sin variar la relación de soplado (figura 3) o, a lo inverso, aumentando la relación de soplado sin variar la altura de la línea de enfriamiento (figura 4). En función del estiramiento, los dos parámetros se aproximan a un valor límite en forma asintótica, más no lo alcanzan debido a que la zona del cuello se torna inestable. Al aumentar la relación de soplado y la altura de la línea de enfriamiento,

mejora la uniformidad del espesor de la película inicialmente, pero luego empeora a causa de la inestabilidad de la burbuja. Una mayor relación de soplado necesariamente exige, además de

cestos de guiado, cabezales con menores diámetros, para un ancho de película dado.

El estiramiento también puede mejorar, si se aumenta la temperatura de la masa o del cabezal. Sin embargo, un efecto significativo sólo se logra, elevando la temperatura en aproximadamente 50 K.

De este modo se obtiene una película transparente brillante, pero se reduce su resistencia a la tracción, al tiempo que aumenta el alargamiento de rotura. Además, la débil burbuja requiere de una intensa refrigeración, la cual casi siempre produce espesores poco uniformes.

LA FORMA DE LA BURBUJA Y SU INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES DE LA PÉLICULA

La manera más eficaz de influir en las propiedades de película soplada es la de variar la forma de la burbuja (figura 5). Para demostrar este hecho, usaremos como ejemplo tres burbujas de forma diferente, pero con medidas de la película terminada y caudal constantes:

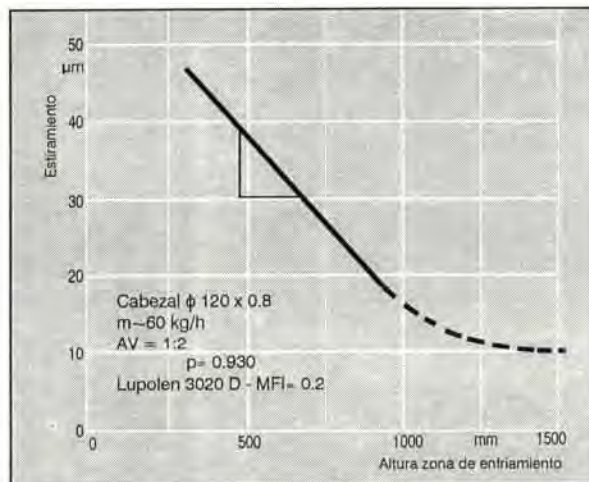


Figura 3. Estiramiento en relación con la altura de la línea de enfriamiento.

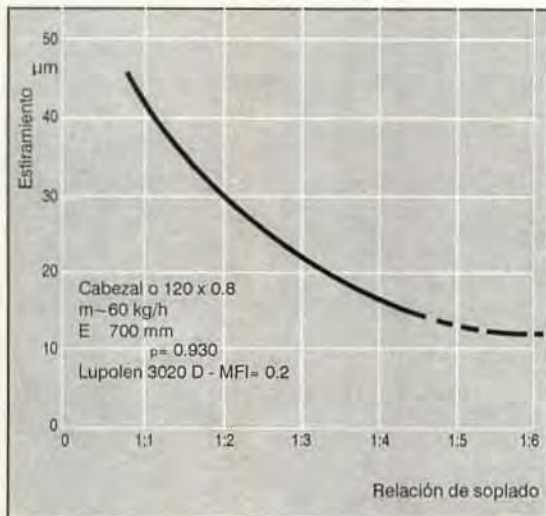


Figura 4. Estiramiento en relación con la relación de soplado

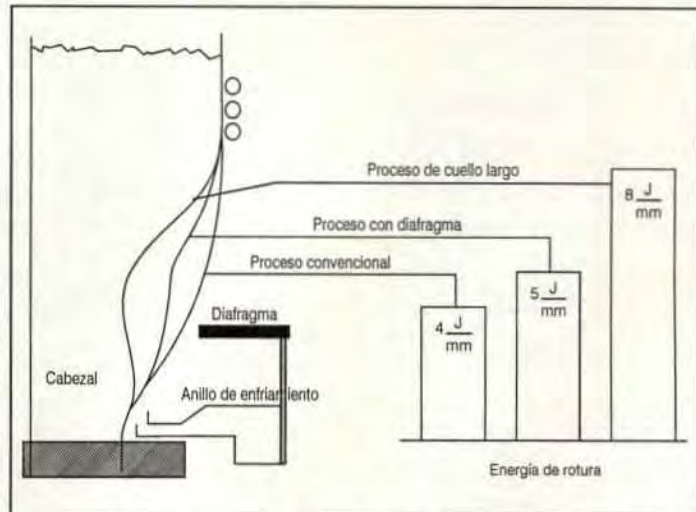


Figura 5. Influencia de la forma de la burbuja sobre la energía de rotura

1. En el proceso convencional, la manga es sometida a intensa refrigeración inmediatamente después de salir de la boquilla. Los espacios de salida del anillo de enfriamiento son estrechos, de modo que el aire sale a velocidad relativamente alta, con el efecto que la presión estática alrededor de la burbuja se reduce con relación a la presión ambiental. Así, la manga es halada y pasa por los labios del anillo, inflándose lentamente a partir del diámetro creciente hasta alcanzar el diámetro final.

2. En el proceso con diafragma (IRIS) el ensanchamiento de la manga es regulado mediante ajuste del diámetro del diafragma. Las condiciones de presión que se presentan en el aire de refrigeración en la zona del diafragma generan una manga con diámetro significativamente mayor que el de la boquilla. La diferencia entre éste y el diámetro final es poca. La manga, ya casi completamente enfriada, es estirada arriba del diafragma, principalmente en dirección del flujo.

Bajas relaciones de soplado

producen películas con propiedades "poco equilibradas". En ellas la deformación es más fuerte en sentido del flujo que en sentido circunferencial, lo cual es reforzado además por la cizalladura en canales de flujo angostos. Se conserva hasta la línea de solidificación, porque la masa permanece en la zona donde se forma la manga tan sólo por corto tiempo y la intensa refrigeración comienza inmediatamente a la salida de la boquilla.

3. En cambio, en el procedimiento con cuello, se ajusta el labio superior del anillo de enfriamiento de tal manera que el espacio de salida sea lo más grande posible. El rendimiento del ventilador permanece inmodificado, pero el aire tiene menor velocidad que en el proceso convencional.

Se genera una presión relativamente alta alrededor de la burbuja, que inhibe su ensanchamiento y conduce a la formación de un cuello. Por falta de superficie de enfriamiento, la temperatura del cuello permanece elevada y las orientaciones provenientes del flujo

de la boquilla en parte se revierten. En el extremo del cuello, la manga es halada por el colchón de aire estático e inflada a partir de un diámetro inferior que el de la boquilla hasta alcanzar el diámetro final. Inmediatamente antes de la línea de solidificación, cuya altura permanece inmodificada, la burbuja sufre una deformación simultánea y uniforme en sentido del flujo y en sentido circunferencial, bajo intenso enfriamiento. Así, se obtienen orientaciones más equilibradas en sentido longitudinal y transversal, lo que se puede comprobar con la mayor resistencia de la película. Como las orientaciones longitudinales de la boquilla son parcialmente revertidas, en este proceso, a pesar de generar fuertes deformaciones longitudinales y transversales, la tensión total en la masa fundida que se produce entre el extremo del cuello y la línea de solidificación es menor que usando otros métodos. El resultado es un mejor estiramiento.

Podemos concluir que la deformación simultánea y uniforme en sentido del flujo y en sentido

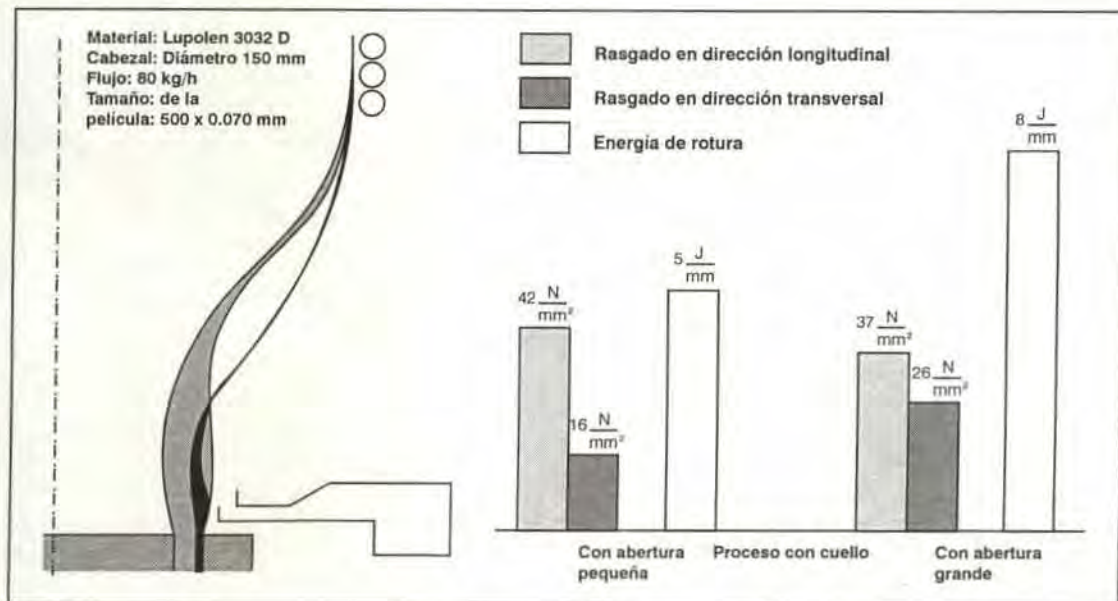


Figura 6. Influjo de la abertura y la forma de la burbuja sobre la resistencia

circunferencial es condición indispensable para lograr propiedades equilibradas, incluso en películas delgadas.

Sin embargo, en muchas extrusoras no es posible variar el labio superior del anillo y con ello la forma de la burbuja. En estos casos, se puede obtener el mismo resultado, utilizando un cabezal de extrusión con gran abertura de salida (figura 6).

Una gran abertura evita excesivas tensiones longitudinales causadas por el flujo en la boquilla. Produce una manga de gran espesor de pared que enfría sólo lentamente, debido a la pobre conductividad térmica de la masa fundida. Como además se reduce la velocidad del flujo inmediatamente después del cabezal, el tiempo de permanencia en la zona del cuello es muy prolongado. Hasta el final del cuello, las tensiones longitudinales se reducen considerablemente, a altas temperaturas.

En la zona del cuello, la masa sufre poca aceleración y el diámetro de la manga al final del cuello es menor que el de la boquilla. Por eso el espesor de la manga corresponde aproximadamente a la abertura de la boquilla. Sólo al final del cuello se presenta una fuerte aceleración hasta la línea de solidificación.

Para películas delgadas con altas exigencias ópticas se necesita antes de la salida de la boquilla una zona de reducción (estrangulamiento) de unos 5 mm, que adopte la función de la zona de relajación (figura 7). Esta misma geometría debería usarse también para películas pigmentadas. La unión de los tramos de flujo que provienen del portamandril o distribuidor en espiral es mejor entre mayor sea la cizalladura en las zonas posteriores.

El aumento de la abertura de 0,8 - 1,2 mm a 2 - 3 mm, sobre toda la zona de relajación, reduce drásticamente la presión de extrusión. Consecuencias venta-

josas son la reducción de la temperatura de extrusión y el aumento del caudal, a igual número de revoluciones del tornillo. Con ello resulta más rentable especialmente la elaboración de película gruesa.

La apropiada combinación de los siguientes parámetros de proceso permite producir películas altamente resistentes y delgadas (Figuras 7 y 8):

- Alta relación de soplado
- Gran altura de la línea de enfriamiento
- Uso de cestos de calibración para un enfriamiento intenso
- Gran abertura para obtener el estrechamiento antes del cuello de la burbuja
- Baja temperatura de la masa para mejorar la estabilidad de la burbuja.

También es posible aprovechar algunos de los parámetros de este proceso por separado, para mejorar determinadas propiedades de las

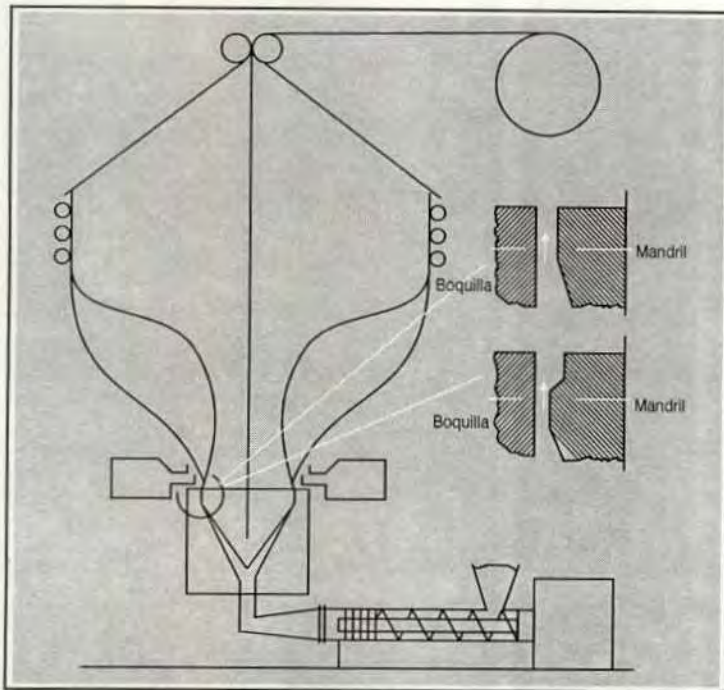


Figura 7. El proceso óptimo

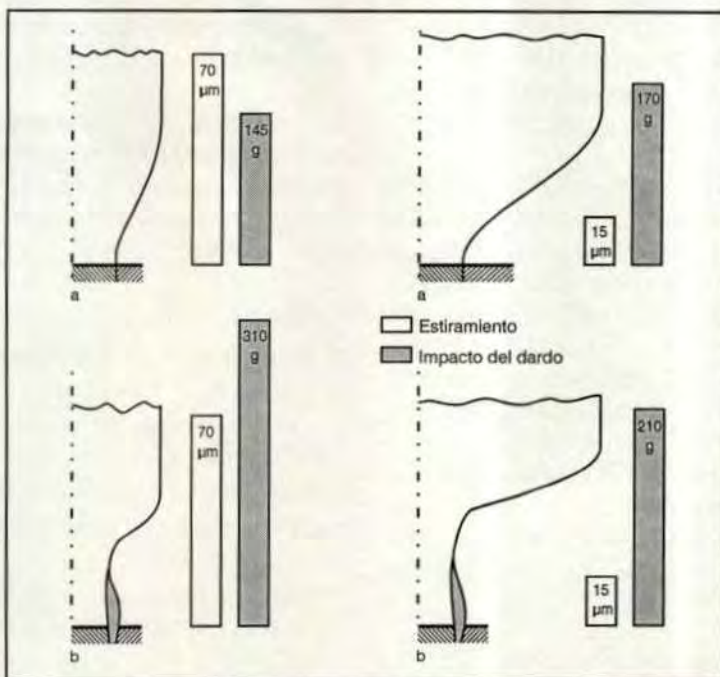


Figura 8. Comparación de las propiedades en películas producidas con (a) Proceso convencional (b) Proceso optimizado

películas. Con una alta relación de soplado y una gran altura de la línea de enfriamiento se generan superficies de refrigeración tan grandes que es posible el proceso, sin que varíe el flujo.

Una mayor producción sólo es posible, si se usa refrigeración interna de la burbuja. Existen diseños probados que recomiendan un labio superior con canto inclinado y estabilizador largo con diámetro inferior al diámetro de la boquilla.

PELÍCULAS SOPLADAS DE LUPOLEN (MDPE, HDPE)

Las películas de media y de alta densidad sirven para confeccionar bolsas, empaques y material precortado. Su similitud con el papel, en cuanto a su aspecto y su aptitud para el doblado y plegado, se debe a la alta densidad de estos polímeros.

Especialmente apropiadas para la extrusión de HDPE son las líneas "HM", en su mayoría equipadas de pequeñas extrusoras con cilindros de diámetros entre 35 y 75 mm. El diseño de las partes que integran la línea es muy parecido al que describimos para la transformación de LDPE: Viene con 1 o 2 cabezales de soplado, con diámetros de boquilla entre 100 y 300 mm y una abertura de 1,0 - 1,2 mm. El caudal específico es de 0,5 kg/h por mm de diámetro. Mayores caudales (de 0,8 kg/h por mm de diámetro de la boquilla) son posibles, si en la zona del cuello se usan conos de centrado en el interior de la burbuja. Rendimientos aún más altos hasta de 1,2 kg/h por mm de diámetro de la boquilla se han obtenido con enfriamiento externo e interno, usando diafragmas (IRIS) soprotados directamente sobre el cabezal

por un aro con platinas. De esta manera es posible extruir económicamente HDPE, incluso de alta masa molar, elevada viscosidad de cizalladura y altas presiones de extrusión.

Hay que adaptar las temperaturas de calentamiento a las diferentes zonas funcionales del tornillo. Para la extrusora se recomiendan temperaturas entre 190 y 210 °C y una temperatura de masa en la punta del tornillo de aproximadamente 200 °C. Para los cabezales se recomienda una temperatura de 200 °C. Ambas características, la baja temperatura de extrusión y el diseño del cabezal, son condiciones ineludibles para la producción de película sin marcas de flujo y con escasa variación del espesor. También se han obtenido buenos resultados colocando cabezales con distribuidor helicoidal después

del portamandril.

BIBLIOGRAFÍA

Reproducido de:
Catálogo BASF, BASF Kunststoffe
octubre de 1989, p 37-41 .

Traducción realizada para el Informador Técnico por: Ilse Koenig de Laverde, Instructora Centro ASTIN y adaptada por el Ingeniero Rodrigo Cabal, Profesional Centro ASTIN.

Agradecimientos

A la firma BASF, por la colaboración con el Centro ASTIN, al permitirnos reproducir este documento en la presente edición, como una contribución a la actualización tecnológica para el desarrollo de la industria colombiana.

Los lectores interesados en obtener más información sobre este tema pueden dirigirse a la siguiente dirección:

*BASF AG Druckschriftenstelle
D-67056 Ludwigshafen, Alemania.
También pueden encontrar información sobre este tema y otros de su interés en el Servicio de Información y Documentación Tecnológica ASTIN, en la siguiente dirección:*

*Calle 52 2Bis-15
Apartado Aéreo : 8053
Teléfonos: (092)4471075, 4467182,
4476164
Fax: (092)4476166, 4467170
Santiago de Cali, Colombia
E-mail : senastin@colnet.com.co
senastin@cali.cetcol.net.co
<http://www.sena-astin.edu.co>
<http://www.senavalle.edu.co/astin>*

