

BOLETÍN TÉCNICO

SELLADO DE EMPAQUES FLEXIBLES



1 Introducción

Los empaques para productos de consumo masivo son en su mayoría del tipo flexible, principalmente porque son los que permiten maximizar la cantidad de producto a empaquetar en función del peso de empaque.

La manufactura de éstos se inicia con la extrusión de películas, seguido de la impresión (si aplica) y por último el conformado estructural del empaque comúnmente hecho a través del sellado.

El sellado térmico ocurre al calentar las caras de una película hasta que la superficie de contacto presente signos de fusión, de tal forma que al solidificarse ocurra una unión íntima, conformando así el empaque que garantice la protección e integridad del producto, a menos que se quiera tener un sello que pueda abrirse sin romper el empaque (conocido como "sello pelable").

La mayoría de las máquinas industriales modernas son capaces de sellar entre 60 y 300 empaques por minuto, por lo que es muy importante comprender las condiciones de sellado que permitan optimizar los procesos ya que con la disminución de una pequeña fracción de tiempo de sellado de un empaque se puede aumentar la producción de los mismos considerablemente.

2 Sellado de empaques flexibles

El sellado térmico consiste en calentar (generalmente en forma conductiva) las caras de una película plástica que se encuentran en contacto, propagando el efecto térmico a través del espesor de las películas (Figura 1), hasta que la interfase de contacto presente signos de fusión; para ello, son empleadas barras de calentamiento como las mostradas en el esquema de la Figura 2.

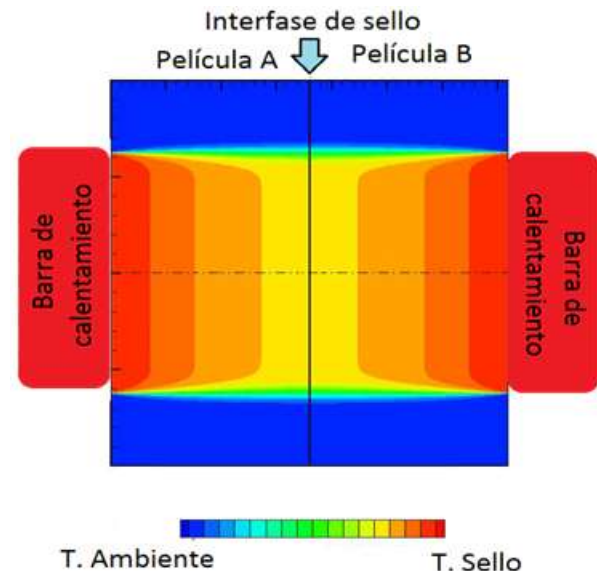


Figura 1. Esquema de la transferencia de calor en el sellado.

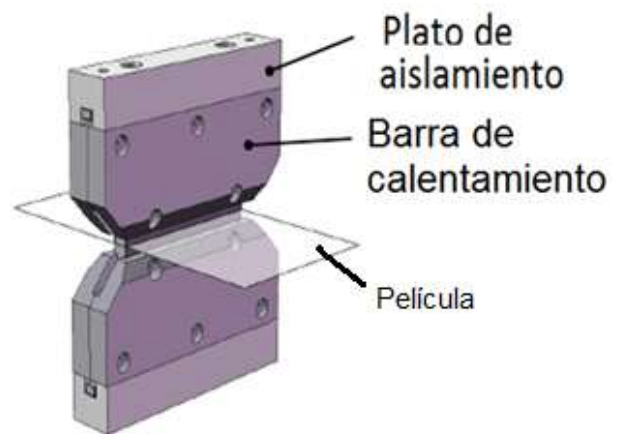


Figura 2. Esquema del sellado térmico.

Seguidamente se propicia el enfriamiento de las películas de forma convectiva (a través del aire circulante en el ambiente), para que así, una vez solidificadas, haya ocurrido una unión íntima entre las partes. Un esquema del comportamiento de la temperatura de la interfase de contacto de las películas durante el sello se muestra en la Figura 3, el tiempo que permanece la interfase en estado fundido se encuentra resaltado en la misma.

BOLETÍN TÉCNICO

SELLADO DE EMPAQUES FLEXIBLES

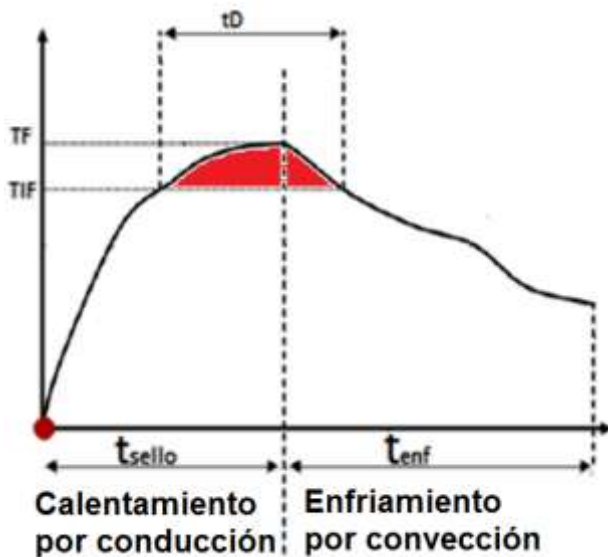


Figura 3. Variables de interés en el sellado.

El sellado térmico es un proceso ampliamente usado para hacer empaques flexibles, por su versatilidad, rapidez y sencillez. Según sea la aplicación del empaque, se emplean películas de Polietileno, sus mezclas y coextrusiones de éste con otros polímeros como poliamidas, EVA y EVOH.

En los procesos de empaque automáticos, el llenado del empaque se realiza al momento del conformado del empaque (Figura 4), así que el mismo producto a empacar, mientras cae al empaque puede romper la unión de las caras de la película recién sellada (y aún caliente y débil), por lo que tiene gran importancia el manejo apropiado de las condiciones de sellado a fin de lograr altas velocidades de producción (que pueden alcanzar hasta 300 empaques por minuto). El proceso de sellado bajo estas condiciones se conocen como "Sellado en caliente".

Por otro lado, cuando los tiempos de enfriamiento son prolongados, como ocurre en una bolsa de supermercado (en donde pueden pasar varias semanas entre el sellado de la bolsa y el empacado del producto) se denomina "Sellabilidad".

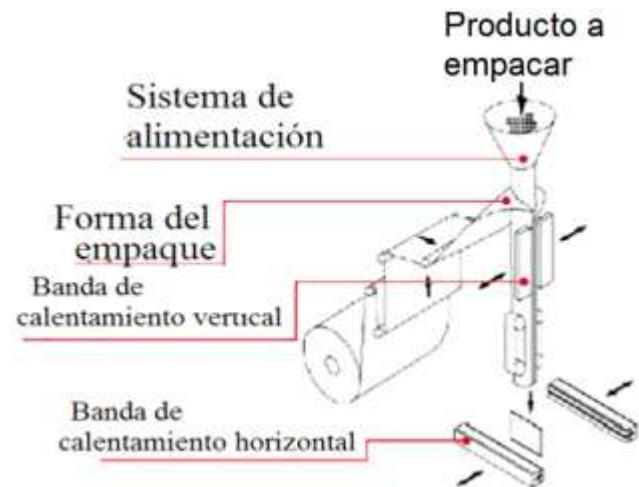


Figura 4. Modelo de sellado industrial.

2.1 Determinando las condiciones óptimas de sello: ensayo de "hot tack"

La obtención de las condiciones óptimas de sellado se puede realizar a través del ensayo de laboratorio denominado Hot Tack⁽¹⁾, en el cual se simula el sellado a nivel industrial mediante el calentamiento de las caras de una película de dimensiones establecidas (usualmente 15 ó 25 mm de ancho), y al cabo de un tiempo que equivale al período de enfriamiento, se le practica un ensayo de tracción, a fin de determinar cuál es la fuerza de halado que resiste el sello ante determinadas condiciones de tiempos de sellado y enfriamiento, y temperaturas de sello.

El objetivo es encontrar las variables de operación que favorezcan una alta fuerza de sello en el menor tiempo de procesamiento posible. Las variables de interés son:

- **Material:** las propiedades térmicas de los diferentes grados y tipos de PE para la aplicación (polietilenos de baja densidad o lineal de baja densidad) difieren entre ellas, además la presencia de aditivos como cargas o pigmentos y tratamientos superficiales para la impresión de las películas pueden afectar el sello. Como norma general, mientras menos densa sea la película, menores temperaturas de sello serán requeridas. A mayor peso molecular

BOLETÍN TÉCNICO

SELLADO DE EMPAQUES FLEXIBLES



(menor índice de fluidez), la resistencia del sello será mayor.

- Espesor de la película: mientras mayor sea el espesor, mayor será el tiempo total de sellado (calentamiento + enfriamiento), ya que el calor debe atravesar mayor distancia para alcanzar la interfase de sello.
- Tiempo de sello: se refiere el tiempo en el que se le aplica calor a la película. En miras de maximizar la producción, éste tiempo debe ser el mínimo requerido para lograr el grado de fusión para que se dé la difusión de las caras de la película a sellarse.
- Tiempo de enfriamiento: es el tiempo en el cual se solidifica la película una vez fundida. Al igual que el tiempo de sello, éste debe ser el mínimo necesario para garantizar una solidificación de las caras sellantes.

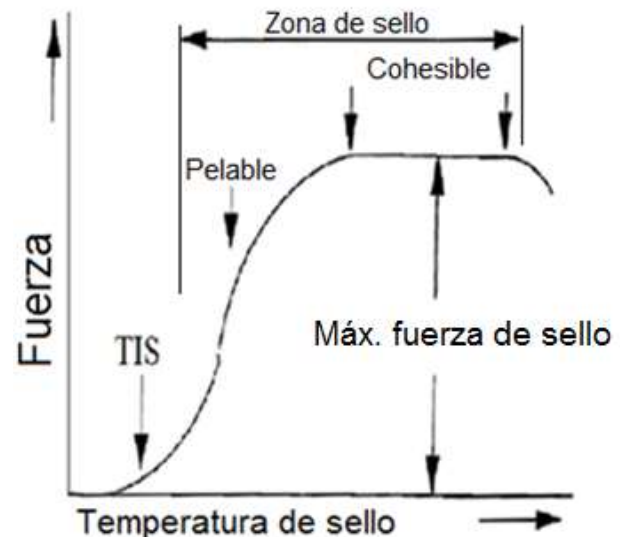


Figura 5. Respuesta del ensayo de Hot Tack.

La respuesta del sellado (Figura 5) permite definir una serie de variables:

- Temperatura de inicio de sello (TIS): es la temperatura a la cual se empiezan a registrar la fuerza de sello (usualmente entre 0.5 y 1 N/25mm)
- Zona de sello: es el rango de temperaturas en el cual se obtienen lectura de sello de aplicabilidad, mientras más amplia sea la ventana de sello, mayor será el margen de maniobra para realizar ajustes de operación. Puede notarse en esta zona la denominada sello pelable, mientras que el denominado sello cohesible es el de mayor uso y comprende valores generalmente por encima de 2 N/25 mm. La idea es encontrar la fuerza de sello requerida para la determinada aplicación empleando el menor tiempo para ello.
- Máxima fuerza de sello: generalmente se asocia al sello cohesible por los valores de lectura. Se reconoce como una zona de estabilización en la curva de respuesta, en donde se obtiene la misma fuerza de sello independientemente de la temperatura aplicada (Figura 5)

Todas las variables son interdependientes, por lo que no es posible atribuir una determinada respuesta de sello a un único factor, o pretender cambiar alguna variable sin afectar las otras. De tal forma se han generado predictores^(3, 4) que facilitan la labor a la hora de buscar condiciones de sello (tiempos de procesamiento, presión, espesor y material) para una aplicación en particular.

3 Usos

La principal aplicación del sellado de empaques flexibles consiste en garantizar la integridad y protección del producto a empacar; éstos pueden ser de infinidad de tamaños y presentaciones, por ejemplo, de poco peso: como arroz, té, café; o de mucho peso: como un saco industrial, o una compra de víveres o insumos, o el empaqueo de algún líquido.

Por tal motivo, el diseño del empaque debe hacerse de acuerdo a la aplicación final, ya que tanto el cuerpo de éste como su sello deben garantizar que no exista ningún tipo de derrames o pérdida de propiedades.

BOLETÍN TÉCNICO

SELLADO DE EMPAQUES FLEXIBLES



4 Optimización de condiciones

Basado en trabajos de investigación nacional (2·4·5) se han desarrollado modelos que permiten optimizar el desempeño del sello de empaques: si se toma como ejemplo una película de polietileno de baja densidad de 90 micras de espesor, $t_{sello} = 0,8$ s y $t_{enf} = 0,6$ s; con estas condiciones se obtendría una producción de unos 1310 Millones de empaques/año; al disminuir el tiempo de enfriamiento se obtendrá una ligera disminución de la fuerza de sello como lo muestra la Tabla 1, pero se puede pasar desde 1370 a 1500 millones de empaques al año (aumento de producción de 30%) con una disminución de fuerza de sello del empaque inferior al 10%.

Tabla 1. Optimización de tiempos de sello

Reducción de tiempo (%)	Disminución de fuerza (%)	# de empaques (Millones/año)
10	2,9	1370,15
20	5,8	1434,38
30	8,6	1504,92

En caso de requerir mayor información sobre la fabricación y el sellado de empaques, Polinter tiene permanentemente a disposición de sus usuarios y clientes el apoyo técnico necesario para hacer desarrollos y optimizaciones empaques de polietileno, sus mezclas y coextrusiones, a fin de que obtener un óptimo desempeño, tanto en sellado, como en el resto de las propiedades finales.

5 Referencias bibliográficas

1. ASTM Standard F1921, 2004, "Standard Test Methods for Hot Seal Strength (Hot Tack) of Thermoplastic Polymers and Blends Comprising the Sealing Surfaces of Flexible Webs," ASTM International, West Conshohocken, PA, www.astm.org.
2. Linares, Jesús. "Modelado del proceso de sellado en caliente de películas para empaques flexibles". Trabajo especial de grado para optar por el título de: MSc en Ingeniería Mecánica Mención: termociencias computacional. Universidad del Zulia, 2013.
3. Torres, A; Colls, N y Méndez, F. "Properties predictor for LLDPE/LDPE blends for FFS applications". *J. Plastic Film & Sheeting.*, 2006, Vol. 22, p. 19.
4. Almonacid, Claudia. "Optimización del proceso de sellado en caliente de películas de polietileno de baja densidad". Trabajo especial de grado para optar por el título de: Ingeniero de Materiales. Universidad Simón Bolívar, 2012.
5. Vasaitis, M. "Predicción y optimización del desempeño del sellado en caliente de películas de Polietilenos". Trabajo especial de grado para optar por el título de: Ingeniero de Materiales. Universidad Simón Bolívar, 2014

Este Boletín fue elaborado por la Gerencia de Mercadeo de Poliolefinas Internacionales, C.A. (POLINTER), con el apoyo de Investigación y Desarrollo, C.A. (INDESCA), en Caracas- Venezuela, en enero 2014 y revisado en enero 2017.

Si desea hacer algún comentario o sugerencia, agradecemos escriba a la Gerencia de Mercadeo a la dirección electrónica: info@polinter.com.ve, la cual pueden acceder a través de nuestra página web www.polinter.com.ve o de nuestro agente comercial: Corporación Americana de Resinas, CORAMER, C.A. (<http://www.coramer.com>).

La información descrita en este documento es, según nuestro mejor conocimiento, precisa y veraz. Sin embargo, debido a que los usos particulares y variables de los procesos de transformación están enteramente fuera de nuestro control, el ajuste de los parámetros que permiten alcanzar el máximo desempeño de nuestros productos para una aplicación específica, es potestad y responsabilidad del usuario y confiamos en que la información contenida en el mismo sea de su máximo provecho y utilidad.

Para obtener información más detallada de los aspectos de seguridad relativos al manejo y disposición de nuestros productos, le invitamos a consultar las hojas de seguridad (MSDS) de los Polietilenos Venelene®.