

PELÍCULAS Y LÁMINAS TERMOPLÁSTICAS DE VARIAS CAPAS

Por: Franz Schumacher, BASF - Alemania

Los materiales planos, en forma de lámina o película, son en su mayoría semiproductos, aplicables a procesos de conformado en frío, termoformado y mecanizado con desprendimiento de viruta.

Los cuerpos huecos, en cambio, son por lo general productos terminados que se utilizan como empaques y envases, pero últimamente también como partes técnicas en la construcción de automóviles, y en el campo del juego y del deporte.

TIPOS DE LAMINADOS Y SUS APLICACIONES

Los laminados termoplásticos son usados tanto en el área de las películas flexibles como en la de los cuerpos huecos. Según su aplicación, se requiere la unión de materiales afines o heterogéneos. Afines son materiales plásticos que pertenecen al mismo grupo. Estos por lo general adhieren entre sí, sin necesidad de agentes adhesivos, con excepción de los homo y copolímeros del estireno. Así por ejemplo, los homopolímeros, el poliestireno estándar (PS) y el estireno resistente al impacto (SB) presentan muy buena adherencia entre sí, pero no adhiere uno de estos componentes con los copolímeros SAN, ASA o ABS.

Se conocen como heterogéneas las uniones, cuyos componentes provienen de grupos distintos. El polietileno por ejemplo es una parafina, un material poco afín a los demás compuestos termoplásticos. Por eso tiene una capacidad adhesiva extremadamente baja. Pero incluso otros grupos, como los polímeros de estireno, las poliamidas, los poliésteres y poliolefinas, presentan poca o ninguna adhesividad entre sí.

Una excepción de la regla general que plásticos heterogéneos no adhieren entre sí, o sólo en forma muy deficiente, es la unión de PVC y PMMA. Por eso es común aplicar una capa de PMMA en superficies de PVC para aumentar su resistencia al rayado.

En algunos casos es posible obtener buena adherencia entre capas plásticas heterogéneas, cuando una de ellas es formada a partir de una solución o dispersión y algunos de sus componentes penetran en la superficie del material soporte.

Una mejor adhesión puede lograrse también, tratando previamente una o ambas superficies de unión con plasma o radiación ionizante.

Otra posibilidad de obtener adherencia entre capas consiste en mezclar polímeros con agentes adhesivos. Sin

embargo, este procedimiento es poco económico, puesto que la mayor parte del costoso adhesivo permanece en la capa polimérica, desaprovechada, y la cantidad que se debe agregar a la mezcla es mucho mayor de la que realmente se requiere para la formación de la capa.

No existe una distinción rigurosa entre laminados rígidos y flexibles. El criterio más importante para ello es la resistencia a la flexión que depende de las propiedades del material plástico y del espesor del laminado.

Uno de los laminados rígidos más antiguos y de mayor difusión en el mercado es la combinación de SB con una delgada capa de PS que puede servir por ejemplo como base para colorantes o para un acabado antiestático. Se usan espesores entre 0,7 y 5 mm, y en algunos casos aún mayores.

Estos laminados son empleados en su mayoría en el termoformado. Sus principales aplicaciones son la fabricación de refrigeradores y los vasos y empaques para productos lácteos. A fin de optimizar este tipo de laminados con relación a diferentes exigencias, se le agrega otras capas, por ejemplo de PVDC, PE, PP, PMMA, PA o PBTB.

En comparación con los laminados

rígidos, los laminados flexibles presentan por lo general menor espesor, en el margen de 100 a máximo 500 μm , y menor rigidez. Mientras que para los laminados rígidos se usan en su mayoría materiales afines, en los laminados flexibles se combinan ante todo materiales heterogéneos. Su principal aplicación son los empaques en la industria textil y de alimentos.

En la fabricación de cuerpos huecos se emplean generalmente combinaciones con capas soporte de PE o PP que, según aplicación, son mejoradas por capas adicionales, y pertenecen exclusivamente a los laminados rígidos.

PROCESOS PARA LA ELABORACIÓN DE LAMINADOS

Para la elaboración de laminados planos existen diversos procesos, cuya aplicación depende de las condiciones del taller y del resultado que se quiere obtener en cuanto al número de capas y la tolerancia del espesor. Existe sin embargo cierta flexibilidad, porque es fácil combinar diferentes procesos. Uno de los métodos más antiguos es el recubrimiento del material de soporte con un material fundido o una solución.

Generalmente, los termoplásticos son aplicados al material de base mediante un cabezal plano o también extraídos de este cabezal a determinada velocidad. Para lograr una mejor adherencia, el material soporte puede ser calentado o, como ya mencionamos, sometido a un tratamiento previo. Es posible obtener capas de espesor uniforme, mediante la regulación de la abertura del cabezal. Como material de base sirven papel, cartón, tejidos, hojas metálicas y materiales plásticos. Esta tecnología es muy parecida a la del forrado.

En general, la fabricación de

laminados con base en bandas continuas es muy difundida, porque permite mucha flexibilidad en la selección de los materiales y reduce al mínimo las variaciones de espesor de las capas. Sin embargo existen desventajas: el almacenaje de la película terminada y el alto consumo de energía debido al proceso de recalentamiento.

En la coextrusión se unen varios flujos de material fundido que conforman un material estratificado con un amplio espectro de propiedades. Condición de cualquier tipo de coextrusión es, sin embargo, la extrusionabilidad de cada uno de los materiales mediante el correspondiente proceso. Las dificultades que se presentan con un material en la extrusión de una sola capa, tienden a aumentar en la coextrusión. Por eso es conveniente establecer los parámetros del proceso para cada capa individual antes de elaborar el laminado. En general, se distingue entre la coextrusión con adaptador y con boquilla.

En la coextrusión con adaptador (figura 1), los diferentes flujos de masa son conducidos a un canal común para ser llevados en conjunto hacia la boquilla plana normal. Como el flujo de las masas es laminar, no se forman turbulencias en las superficies de

contacto ni efectos de mezclado. Tampoco se presenta oxidación que redujera la capacidad adhesiva, puesto que la confluencia ocurre sin acceso de oxígeno.

El material es extraído de la boquilla de manera que sus diferentes componentes van formando capas con buena distribución de espesores sobre el ancho de la película. En este proceso juegan un papel esencial la viscosidad y el espesor de las capas individuales.

Los sistemas de adaptadores bien diseñados son aplicables a un amplio margen de viscosidad. La distribución del espesor sobre el ancho del laminado total corresponde a la de una lámina de un solo material. Pero las capas individuales tienen aquí mayores tolerancias y su número es prácticamente ilimitado.

En la coextrusión por boquilla (figura 2), los flujos de fundido son conducidos a una boquilla especial de varios canales, que no es otra cosa que una combinación de boquillas individuales, donde los flujos de masa son conformados en diferentes niveles y unidos a poca distancia de la salida. Con un buen aislamiento térmico de los diferentes segmentos del cabezal entre sí, es posible demorar la

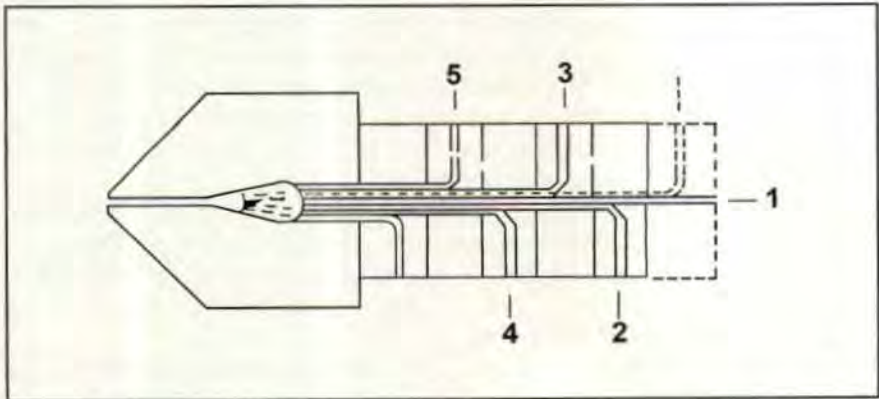


Figura 1. Representación esquemática de la coextrusión con adaptador

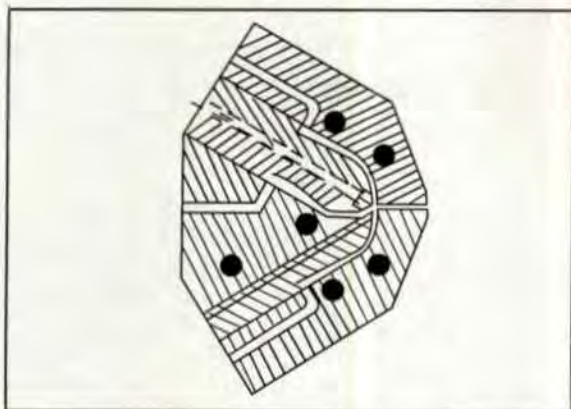


Figura 2. Sección transversal de un cabezal de tres canales, sistema "Breyer"

nivelación de la temperatura por algún tiempo. Esta ventaja, sin embargo, ha sido sobreestimada en el pasado, ya que un equilibrio térmico entre los fundidos se presenta en todo caso. Si un equilibrio térmico temprano afectara el proceso, sería imposible coextruir con adaptador de dos materiales como PS y PA, con temperaturas de masa de 200 °C y 280°C respectivamente. Sin embargo, esto es posible, al menos con capas de PA de bajo espesor.

Algunos cabezales poseen adicionalmente barras de regulación para garantizar espesores uniformes en cada capa individual. Pues hay que recordar que variaciones del espesor en una sola capa automáticamente afectan las capas vecinas y que después de varios cambios de regulación, es casi

imposible saber con exactitud, en cual forma se modificó el perfil del flujo. Por eso resulta nada fácil manejar estos cabezales con propiedad, especialmente cuando se quiere coextruir tres capas o más.

En comparación con los sistemas de coextrusión por adaptador, los cabezales multicapa son muy costosos y difíciles de limpiar y montar. Los dos sistemas pueden ser combinados con unidades adicionales de recubrimiento.

La figura 3 muestra, en forma esquemática, el recubrimiento de una película recién extruída y aun relativamente caliente, con una capa de material fundido que es refrigerada y aplicada a presión mediante un par de rodillos.

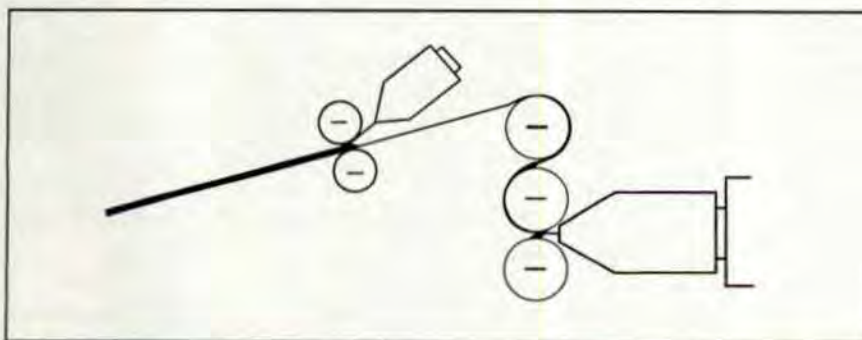


Figura 3. Recubrimiento por extrusión

Como unidades posteriores en líneas de coextrusión pueden servir rodillos pulidores y sistemas de arrastre refrigerados (chill-roll). En la figura 4 puede apreciarse una línea de extrusión multicapa con sistema de arrastre chill-roll que está provisto de tres rodillos (principal, de enfriamiento, y de presión), cuchillas para el recorte lateral y transversal y dos estaciones de bobinado. En principio no se distingue de las líneas convencionales de extrusión que se usan para la fabricación de películas de un solo material. Tanto los rodillos de pulir como los sistemas de arrastre (chill-roll) pueden ser completados por estaciones de desbobinado para el recubrimiento de una o ambas caras de la película.

Punto de partida para la fabricación de cuerpos huecos es la extrusión de una manga, que normalmente es llevada de arriba hacia abajo. El soplado del cuerpo hueco se realiza dentro de un molde, cuya construcción no depende de la estructura multicapa de la manga.

Para la aplicación de capas adicionales existen en principio dos procedimientos: el recubrimiento y la coextrusión. El recubrimiento, se realiza llenando el artículo hueco terminado con una solución o emulsión, o sumergiéndolo totalmente y vaciándolo después de un tiempo de impregnación. Un secado posterior es indispensable. Este procedimiento no tuvo éxito en el mercado, porque era imposible obtener y mantener las tolerancias para la variación del espesor. Así mismo, no se encontraron soluciones satisfactorias a los problemas tecnológicos y de rentabilidad. En cambio, para la coextrusión de cuerpos huecos se pudo recurrir a cabezales ya comprobados en la coextrusión de película tubular. La principal diferencia consiste en la alimentación del fundido, que puede efectuarse

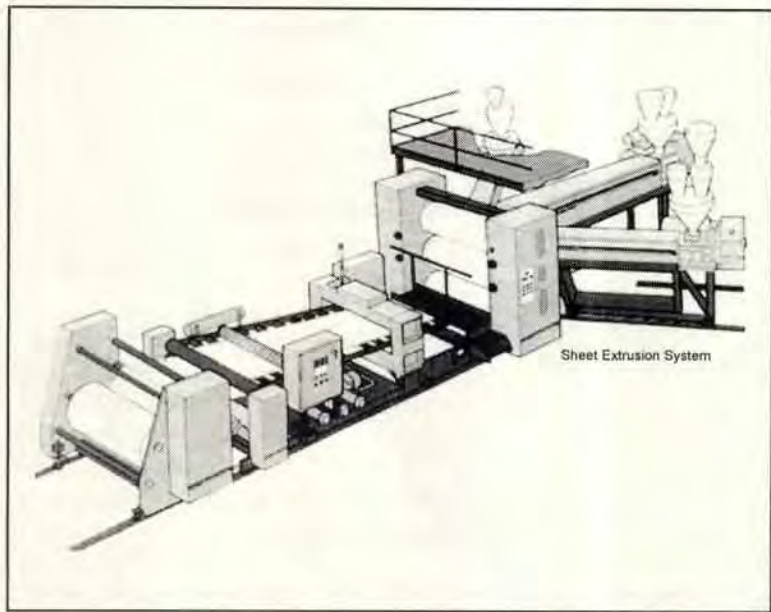


Figura 4. Línea de extrusión multicapa con sistema de arrastre chill-roll

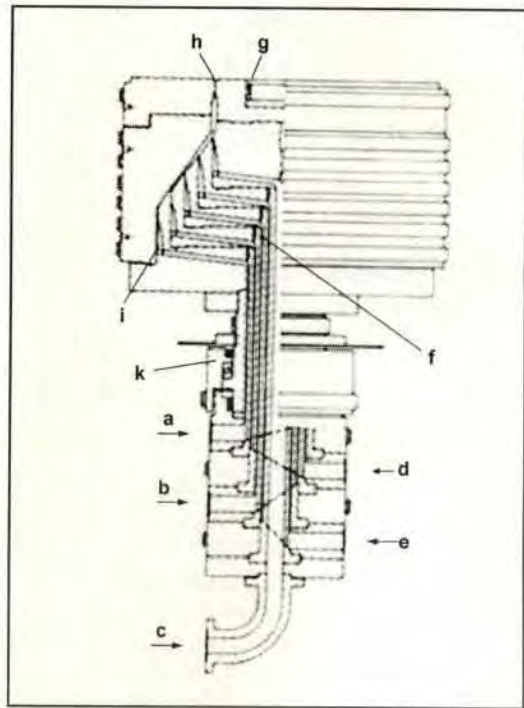


Figura 5. Cabezal multicapa para película de vidrio, sistema "Reifenhaeuser"

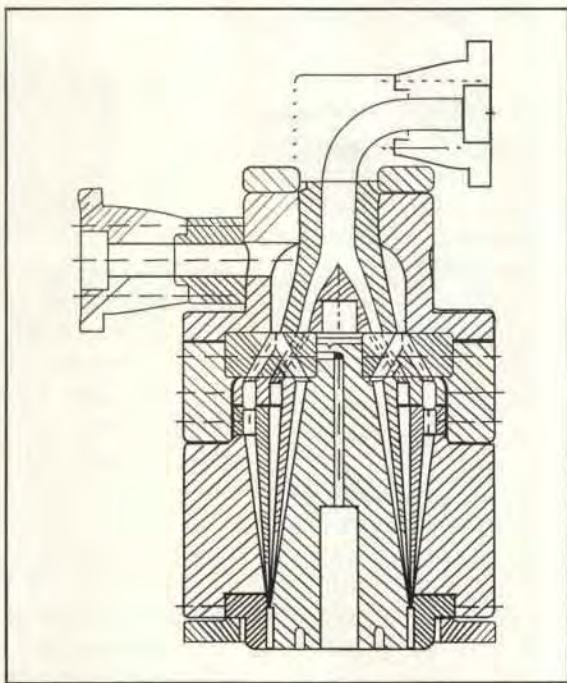


Figura 6. Cabezal para la extrusión de películas de tres capas

centralmente a través de porta-mandriles con perforaciones o soportes radiales, o lateralmente usando un portapínola. También es posible combinar los dos procedimientos.

La figura 5 muestra un cabezal de pinola para la extrusión de película soplada de tres capas, con alimentación a través de canales anulares. Cada anillo es alimentado radialmente en un sitio diferente de la circunferencia del cabezal. Los flujos de fundido que parten de allí se encuentran precisamente en el lado opuesto del cabezal, donde se sueldan. Ahora, cuando el canal está lleno, se aumenta la presión, que impulsa el fundido a través de las ranuras del anillo hacia la abertura de salida.

Otro cabezal, de diseño diferente, para la extrusión simétrica de película tubular de tres capas puede observarse en la figura 6. El principio que podemos apreciar aquí es la combinación de un portamandril con placas perforadas y pinola. Con cabezales de diseño similar se fabrican hoy en día cuerpos huecos de hasta siete capas.

Máquinas de soplado para piezas de una sola capa generalmente están provistas de un regulador de espesor de pared. Hasta donde se sabe, este principio aun no ha

sido aplicado al soplado de varias capas.

Una buena adhesión de las capas entre sí es de especial importancia en la coextrusión de cuerpos huecos, cuando éstos han de servir como envases. Las presiones, a las que están sometidos por ejemplo en el apilamiento, generan un estiramiento en la pared del recipiente. Estiramientos no uniformes pueden provocar la separación de las capas, en zonas donde la adhesión es insuficiente.

Para la resistencia de los cordones de soldadura, que se forman en los cuerpos huecos, es decisiva la soldabilidad de la capa inferior y su adhesión con la capa vecina. Las capas exteriores no entran en contacto con el área del cordón, por lo tanto no pueden aportar nada a su resistencia.

POSIBILIDADES DE COMBINAR LAS CAPAS

El tipo y espesor de las capas individuales dependen principalmente del uso al que está destinado el laminado. Pero para la construcción de las combinaciones rigen además otros criterios.

Como es sabido, los termoplásticos son polímeros orgánicos, cuyas largas cadenas moleculares, en estado caliente, se deslizan entre sí. Durante la conformación plástica del material fundido, en el cabezal o poco después de la salida, se orientan en determinadas direcciones y se fijan durante el enfriamiento. Al calentarlos nuevamente, por ejemplo en el termoformado o la soldadura, están libres de recuperar total o parcialmente su forma original. Este fenómeno, que se conoce también como "efecto de memoria", causa deformación en la pieza, tanto en artículos de una como de varias capas. El efecto se reduce, si el fundido que sale de la boquilla tiene el tiempo necesario

para que las moléculas estiradas se relajen, antes de iniciarse el enfriamiento.

Otra causa muy molesta de deformación en laminados termoplásticos multicapa es su alto y variado coeficiente de dilatación lineal. En la coextrusión, a temperaturas más o menos iguales, de termoplásticos con coeficientes de dilatación térmica muy diferentes, el material de mayor dilatación térmica se contraerá más, lo cual produce deformaciones similares a las que se observan en uniones bimetálicas.

espesor total es de 820 µm. La capa de poliestireno, puede ser quebrada después de un ligero rayado, mientras que la capa central permanece intacta y puede servir de bisagra. Otros criterios para la combinación de termoplásticos son su viscosidad, la temperatura requerida para determinado proceso, y el comportamiento de flujo que de ello se deriva. En el recubrimiento a velocidades hasta de 1000 m/min se usan por lo general fundidos muy calientes y de gran fluidez, con buena dilatación, que son aplicados sobre el material de base en forma de capa individual. En cambio

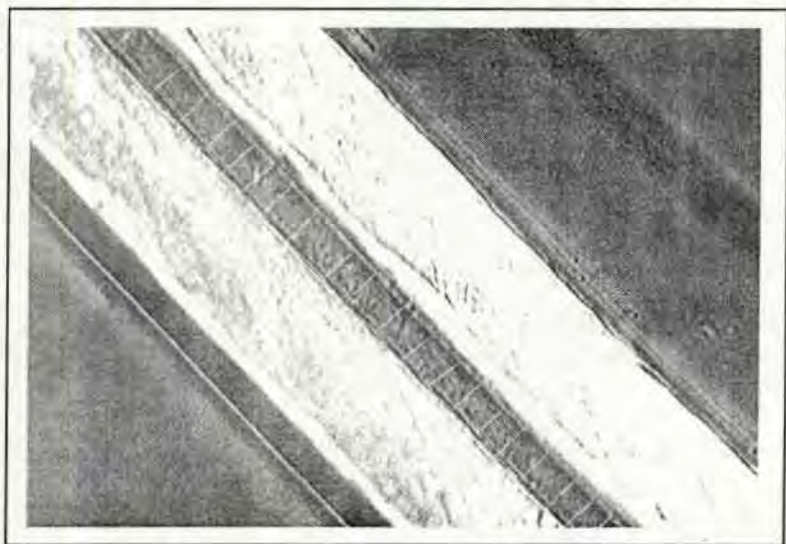


Figura 7. Disposición simétrica de las capas

Fuertes deformaciones pueden presentarse también en el proceso de recubrimiento, cuando una colada relativamente caliente es aplicada sobre una base más fría. Es posible reducir o incluso eliminar estos efectos indeseables, mediante una disposición simétrica de las capas, tal como se muestra en la figura 7.

En este caso se trata de un laminado de cinco capas: una capa central de LD-PE (Lupolen) de 210 µm, y dos capas exteriores de un poliestireno resistente al impacto unidas a ella mediante agentes adhesivos. El

en la coextrusión, siempre hay por lo menos dos componentes, que fluyen juntos durante un tiempo más o menos prolongado. Por eso es indispensable ajustar el comportamiento de flujo de las capas lo más exacto posible.

Cuando se combina un fundido relativamente viscoso con otro muy fluido, este último, a partir de determinado espesor, tiende a presentar "estructuras de flujo". Tales estructuras generan tensiones en el material laminado, que pueden dificultar su transformación posterior o afectar la resistencia mecánica del

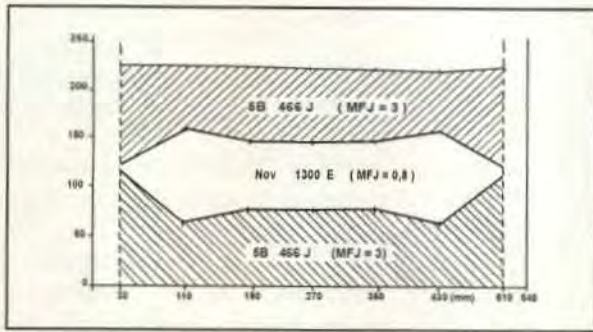


Figura 8. Efecto del MFI sobre la distribución de la capa

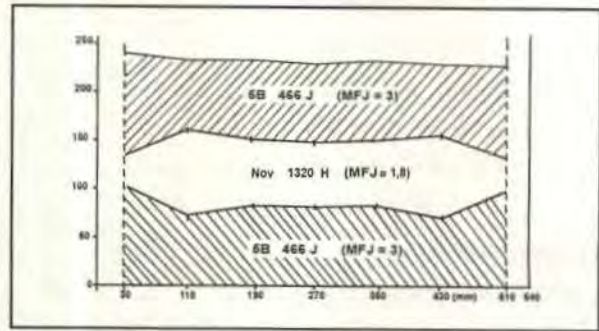


Figura 9. Efecto del MFI sobre la distribución de la capa

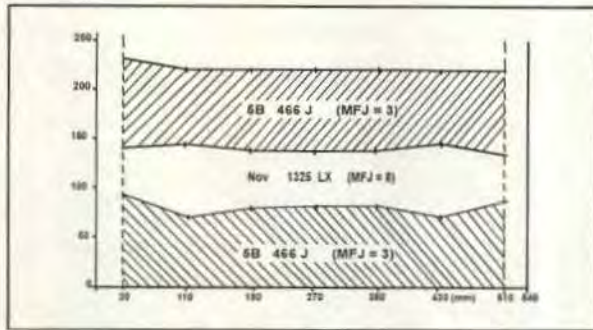


Figura 10. Efecto del MFI sobre la distribución de la capa

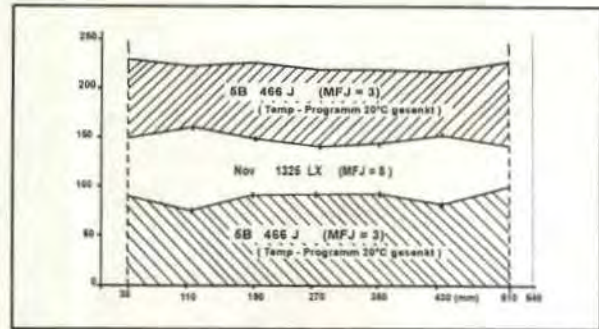


Figura 11. Espesor de la capa en función de la temperatura de la masa T_M

laminado y la capacidad adhesiva de las capas. De ahí la recomendación de mantener la capa más fluida relativamente delgada o de elegir un material con menor índice de fusión.

También la distribución de las diferentes capas sobre el ancho de la película o lámina, perpendicular al sentido de la extrusión, depende principalmente de la viscosidad (índice de fusión MFI) y la correcta temperatura de la masa.

En una boquilla plana con canales de flujo de determinada geometría, la colada de menor viscosidad fluirá más hacia los lados que la otra. Esta capa será más gruesa en los bordes que en el centro. A la inversa, un fundido más viscoso, bajo las mismas condiciones, formará una capa de mayor espesor en el centro. Según el material, modificaciones de la temperatura, y con ello de la viscosidad, permiten influir en mayor o menor grado en la

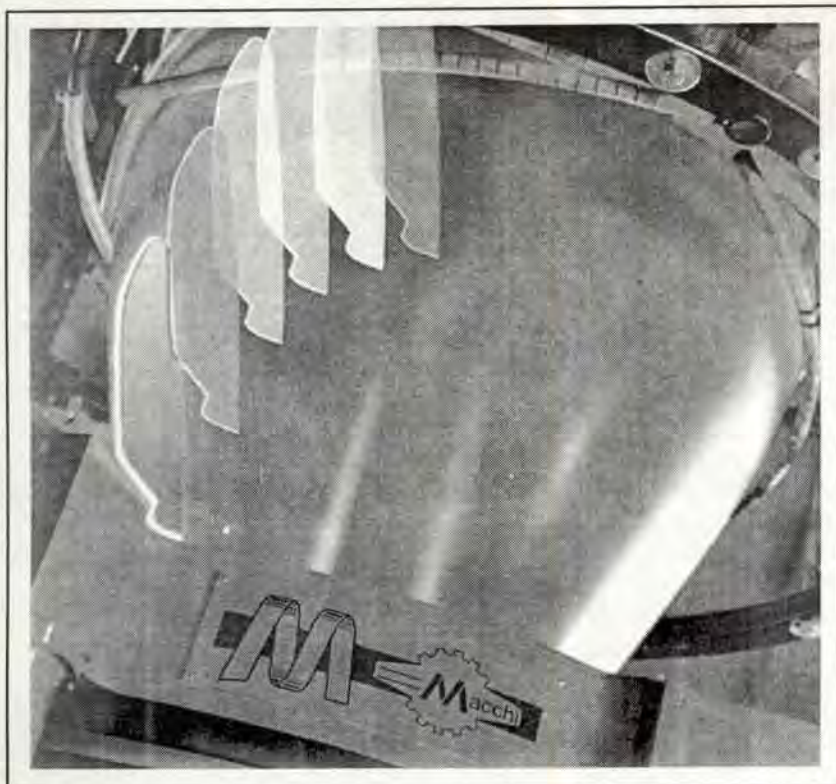
distribución del espesor perpendicular de la extrusión, incluso en las capas contiguas.

Los efectos que producen modificaciones del índice de fusión (MFI) o de la temperatura de la masa pueden observarse en las figuras 8 - 11. Aquí se trata de laminados simétricos de tres capas elaborados por coextrusión con adaptador, que constan de una capa central de Novolen, el PP de la BASF, y capas exteriores de poliestireno resistente al impacto.

En este experimento se registró los espesores de las capas sobre el ancho de la película, variando únicamente el índice de fusión de la capa central de Novolen, de 0,8 g/10 min (figura 8), pasando por 1,8 g/10 min (figura 9) a 8,0 g/10 min (figura 10). Como se puede ver claramente, el espesor de la capa central aumenta en las zonas laterales, cuando se usan polímeros de mayor fluidez.

La manera como variaciones de fluidez (MFI) inciden en el espesor de cada capa, puede entenderse mejor al comparar las figuras 10 y 11. Cuando se reduce la temperatura del fundido por ejemplo de las capas exteriores de poliestireno 466 I en sólo 20°C, disminuye el espesor de estas capas en los bordes, al tiempo que aumenta el espesor de la capa central en estas zonas de 42 a 56 μm, o sea en un 23%. Un aumento de la temperatura de la capa central reforzaría aún este efecto.

El espesor total del laminado depende de su uso posterior y desde luego también del grado de transformación, por ejemplo mediante termoformado. Como el requisito más importante para empaques y partes técnicas se considera la resistencia mecánica, que generalmente está determinada por la zona más delgada del laminado. Todas las tolerancias positivas por encima del valor exigido, deben ser



Los espesores de capa dependen exclusivamente de los volúmenes de material transportados por los extrúderes. Por eso es importante que la alimentación de los distintos flujos de fundido corresponda siempre a la distribución de espesores que se ha de obtener en cada capa. Condición para ello es la selección de un extruder que posea el tamaño y el número de revoluciones de tornillo apropiado.

En extrúderes demasiado pequeños para producir capas con el espesor deseado debe aumentarse el número de revoluciones (la velocidad de giro) del tornillo. Esto puede provocar temperaturas excesivas de la masa fundida y afectar el comportamiento de flujo.

Los costos para la elaboración de laminados multicapa coextruidos no difieren mucho de la suma de los costos de extrusión y material que se calculan para la fabricación del correspondiente número de películas de una capa.

Traducción realizada para el INFORMADOR TÉCNICO por Ilse Koenig de Laverde, Instructora CDT ASTIN, SENA Regional Valle del Cauca.

controladas, porque afectan la rentabilidad. Condición para ello es que cada extruder trabaje con la mayor uniformidad posible.

Muchas veces es posible obtener laminados con buena resistencia mecánica, incluso a partir de polímeros relativamente económicos como el poliestireno (PS), el poliestireno de alto impacto (SB) o el polietileno. También se puede contribuir a la rentabilidad del proceso utilizando, solos o mezclados con material virgen, residuos plásticos que se producen en el termoformado y en la extrusión. El peso total del laminado se reduce, cuando algunas capas son espumadas, aplicando gasificación directa o espumantes químicos. Con ello no sólo mejora la rentabilidad, sino también el aislamiento. La capa relativamente frágil de poliestireno estándar, que muchas veces se requiere para una mejor calidad óptica, no debería exceder espesores de 50 μm , para

evitar que la tenacidad de las capas inferiores se reduzca a la baja tenacidad del poliestireno estándar. Las capas de los costosos adhesivos que sirven para mejorar la adhesión de materiales heterogéneos pueden ser relativamente delgadas, puesto que ya son eficientes a espesores entre 30 y 50 μm . Capas más gruesas incluso pueden reducir la fuerza adhesiva.



BIBLIOGRAFÍA

SCHUMACHER, Franz;
BASF. -- Películas y láminas termoplásticas de varias capas.

Catálogo Macchi - 5 layers blown film lines.

