EVERFLON ACADEMIC

Guía de extrusión

EVERFLON | FEP PFA ETFE

Resinas de fluoropolímeros fundibles

Introducción

Las resinas fluoropoliméricas procesables por fusión amplían la gama de productos al proporcionar las propiedades deseables del PTFE Everflon™ en productos que pueden procesarse mediante técnicas termoplásticas convencionales, como el moldeo por inyección y la extrusión.

Sus aplicaciones abarcan aquellas en las que diseñadores y usuarios finales requieren un termoplástico con excelente estabilidad química, propiedades dieléctricas, características antiadherentes y resistencia mecánica para su uso en entornos de temperaturas extremadamente altas y bajas.

Esta versátil familia de resinas fluoropoliméricas procesables por fusión está disponible en Everflon™ para satisfacer los requisitos específicos de cada usuario final y sus necesidades de procesamiento:

- El FEP Everflon™ está clasificado para funcionar hasta 200 °C y conserva la resistencia química y la rigidez dieléctrica de las resinas fluoropoliméricas de PTFE Everflon™.
- El PFA Everflon™ es una resina de alto rendimiento con buenas características de procesamiento por fusión y una estabilidad térmica única. Ofrece resistencia y rigidez a altas temperaturas; excelente resistencia al agrietamiento por tensión; alta resistencia a la flexión y excelentes propiedades eléctricas. Su clasificación de servicio a alta temperatura es de 260 °C y resiste prácticamente todos los productos químicos.
- Everflon™ ETFE es un material fuerte y resistente con una resistencia química, propiedades eléctricas y resistencia al envejecimiento similares a las de otras resinas de fluoropolímero Everflon™. Calificado para usarse hasta 150 °C, Everflon™ ETFE presenta excelentes propiedades de procesamiento utilizando técnicas termoplásticas convencionales.

Las resinas de fluoropolímero Everflon™ tienen puntos de fusión y viscosidades de fusión más altos que la mayoría de los termoplásticos. Ofrecen excelentes rendimientos y tasas de producción cuando se procesan con las técnicas descritas en esta guía.

Propiedades de los fluoropolímeros Everflon™ para extrusión

Property	Unit	ASTM standard	FEP	PFA	ETFE
Punto de fusión	℃	DSC	260	310	260
MFR	g/10min		6-12	6-14	6-12
Gravedad específica	--	D792	2.15	2.15	1.7
Resistencia a la tracción 23 °C	MPa	D2116	24	26	45
Elongación 23 °C	%	D2116	330	350	400
Resistencia al impacto (Izod)	kg-cm	D256A		No Break	
Dureza (Dorómetro)	--	D2240	D56	D60	D70
Módulo de flexión	Mpa	D790	550	580	1200
Resistividad volumétrica	Ω-cm	D257		$>10^{17}$	
Constante dieléctrica	1 MHz	D150	< 2.1	< 2.1	< 2.6
Factor dieléctrico	1 MHz	D150	0.0007	0.0001	0.0007
Rigidez dieléctrica	kV/mm	D149	78	78	70
Inflamabilidad	--	UL94		V-0	
Índice de oxígeno	--	D2863		>95	
Resistencia química				Excellent	
Absorción de agua	%	D570		< 0.03	

CONCENTRADOS DE COLOR

El FEP y el PFA Everflon™, así como el ETFE, pueden colorearse utilizando concentrados de color disponibles comercialmente, disponibles en Everflon+™. Las cargas varían, pero suelen ser de proporciones tan pequeñas que no tienen un efecto apreciable en las propiedades mecánicas del fluoropolímero al final de su uso. Sin embargo, es importante que el concentrado de color se mezcle con la misma resina base que se utilizará durante la dilución.
La mayoría de las operaciones modernas de extrusión continua utilizan un sistema de adición con medidor de color comercial. Si se utiliza uno de estos, siga las instrucciones del fabricante del medidor. Este procedimiento a continuación puede utilizarse si no se dispone de las instrucciones del fabricante.
El procedimiento a continuación se utiliza para mezclar en seco, o diluir, los gránulos de concentrado de color en gránulos de resina de fluoropolímero Everflon™.

1. Seque el concentrado de color durante unas horas a 95 °C en un horno ventilado o de vacío. No es necesario secar la resina a granel; Sin embargo, cabe destacar que la resina traída de áreas de almacenamiento sin calefacción en invierno puede presentar condensación una vez que entra en la zona de extrusión caliente. Deje que la resina se equilibre antes de usarla.
2. Pese el concentrado en la proporción necesaria para la resina que se va a procesar (p. ej., 1%).
3. Añada el concentrado de color a la resina a granel en un recipiente limpio y seco.
4. Mezcle o agite la resina y el concentrado de color durante al menos 15 minutos o hasta que estén bien mezclados. Introduzca la mezcla en la tolva de la extrusora. Manténgala cubierta con una tapa o papel aluminio durante su uso.
5. Los gránulos de concentrado de color no utilizados deben almacenarse en recipientes herméticos. De lo contrario, deben volver a secarse antes de volver a usarse.

EQUIPO

Extrusora

La función de una extrusora es convertir los gránulos termoplásticos en resina fundida y suministrar la masa fundida a una velocidad y temperatura uniformes.

Las extrusoras convencionales de un solo tornillo se utilizan para procesar fluoropolímeros. La relación longitud/diámetro (L/D) varía de 20/1 a 30/1. Sin embargo, se ha comprobado que las extrusoras más largas, con una relación longitud/diámetro de 28/1 o superior, ofrecen mejores resultados. Estas máquinas más largas ofrecen resultados más estables a altas tasas de producción.

La energía necesaria para plastificar la resina proviene de la resistencia viscosa inducida por la acción mecánica del tornillo giratorio y del calor externo conducido procedente de los calentadores del cilindro. El tornillo giratorio mezcla la masa fundida y, junto con las dimensiones de la sección de dosificación, determina la masa fundida resultante de la extrusora. Dimensionar la extrusora para obtener la masa fundida bien mezclada deseada es fundamental para el éxito.

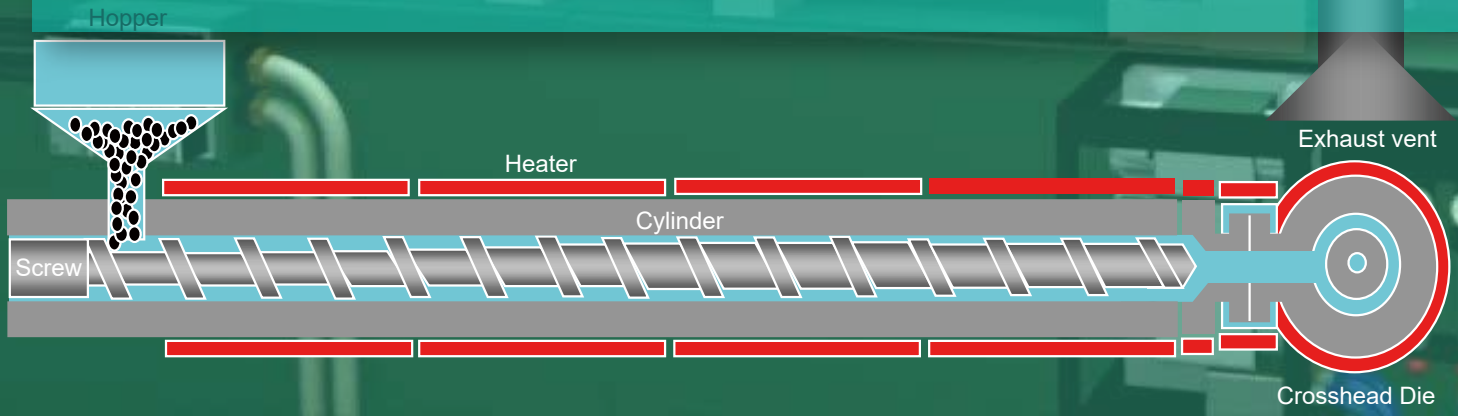
Las máquinas de menor diámetro requieren mayores RPM del tornillo para lograr la misma producción que las extrusoras más lentas y grandes. Sin embargo, una velocidad de rotación razonable, de 20 a 50, es la que mejor funciona.

Se han experimentado problemas de procesamiento, como la pérdida de resistencia de la masa fundida, con extrusoras pequeñas y cortas que deben funcionar a altas temperaturas y RPM para lograr el rendimiento deseado. De igual manera, se han observado problemas con máquinas grandes que funcionan lentamente. Una mezcla deficiente y un tiempo de residencia prolongado pueden provocar una masa fundida inestable, lo que resulta en un rendimiento de estirado deficiente.

Materiales de construcción

El procesamiento de polímeros termoplásticos por fusión provoca la degradación de la resina y la formación de subproductos. Estos subproductos del fluoropolímero fundido son corrosivos para la mayoría de los metales. La corrosión se acelera por la descomposición de la resina y se puede minimizar evitando temperaturas de operación excesivamente altas y utilizando canales de flujo de resina optimizados. Los puntos de retención, las esquinas muertas, etc., atrapan la resina, donde puede degradarse por la exposición a altas temperaturas durante períodos prolongados.

Por lo tanto, es necesario utilizar equipos de extrusión fabricados con aleaciones resistentes a la corrosión con alto contenido de níquel y bajo contenido de hierro. Todos los equipos de contacto, como revestimientos de barriles, pantallas, placas rompedoras, adaptadores, crucetas y herramientas, deben fabricarse con estas aleaciones. Los equipos expuestos, como las abrazaderas, deben protegerse con un niquelado de alta calidad. Existe una amplia gama de estos equipos en el mercado, y los proveedores pueden asesorar sobre su uso adecuado con fluoropolímeros.



Diseño del Husillo

La mayoría de los diseños convencionales de un solo husillo funcionan satisfactoriamente con fluoropolímeros. El rendimiento varía según el diseño del husillo. Los diseños de husillo con secciones de alimentación largas, una relación de compresión de aproximadamente 3:1, perfiles progresivos de núcleo y elementos de mezcla de fusión de bajo cizallamiento se han utilizado ampliamente y son la opción preferida. La experiencia limitada indica que los husillos de paso variable y de tipo barrera pueden funcionar con fluoropolímeros. Sin embargo, los operadores de extrusoras deben abordar estos diseños con precaución.

En un husillo de paso cuadrado, una vuelta de filete desplaza un diámetro de cilindro a lo largo del husillo. Un husillo de paso cuadrado con un paso angular constante de 17,7 grados es común.

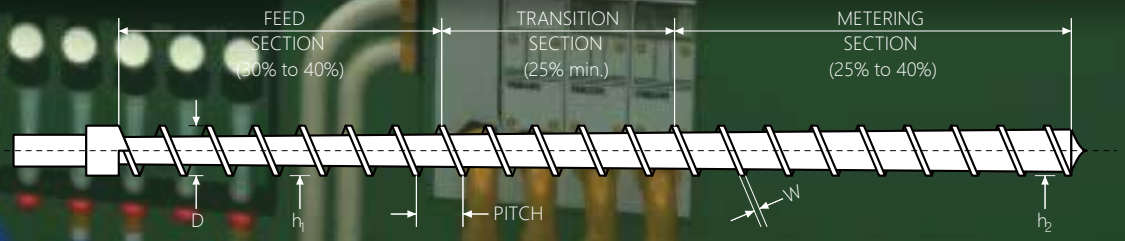
Esto significa que la relación L/D equivale al número de vueltas que se deben asignar a las secciones del husillo: alimentación, transición, dosificación y mezcla. Por ejemplo, un husillo de paso cuadrado con una relación longitud/diámetro de 28/1 tiene 28 vueltas que asignar.

El transporte, la fusión y la mezcla de los cubos de resina se realizan en la sección de alimentación. Una sección de alimentación larga, de al menos 8 vueltas, proporciona el tiempo de residencia necesario. Es importante lograr un buen equilibrio entre la entrada de energía proveniente de la fricción viscosa inducida mecánicamente y los calentadores del cañón. Esto se logra mediante las RPM del tornillo. La profundidad de la paleta debe ser adecuada para permitir la compactación de los gránulos de resina, pero dejando suficiente diámetro del núcleo para la resistencia mecánica.

La sección de transición progresiva del núcleo conecta la alimentación con las secciones de dosificación. La transición o compresión se produce a lo largo de 3 a 4 vueltas de paleta. A medida que la profundidad de la paleta disminuye gradualmente, se completa la fusión y el aire o gas se impulsa de regreso al cañón para ventilarlo a través de la garganta de alimentación. Esto proporciona un canal de paletas volumétricamente lleno que ingresa a la sección de dosificación. Esto es vital para lograr un flujo de masa fundida constante.

La masa fundida se transporta a lo largo de la sección de dosificación del tornillo mediante la fricción en las superficies. El flujo es directamente proporcional a las RPM del tornillo. Una sección de dosificación de 5 a 7 paletas generalmente genera la presión adecuada para transportar la masa fundida a través de la malla, el cabezal y las herramientas. Las paletas de la sección de dosificación tienen poca profundidad para maximizar la relación superficie/volumen. Esto también minimiza el reflujo de la masa fundida debido a la acumulación de presión. Es importante comprender que se trata de un proceso volumétrico. El rendimiento se determina por las dimensiones de la sección transversal de la sección dosificadora y las RPM del tornillo.

Los diseños con canales de dosificación de gran diámetro y mayor profundidad requieren RPM mucho menores que las máquinas de diámetro pequeño y poca profundidad. Al especificar máquinas nuevas, o tornillos nuevos para máquinas existentes, comience por calcular las dimensiones de la sección dosificadora para RPM de rango medio, teniendo en cuenta el rendimiento requerido por la aplicación. A partir de ahí, utilizando una relación de compresión típica (p. ej., 3:1), se pueden determinar fácilmente las demás dimensiones del tornillo.



Secador de Tolva

Las resinas de fluoropolímero no absorben agua. Sin embargo, sí absorben la humedad superficial, especialmente al trasladarse del almacenamiento en frío a la sala de procesamiento caliente. Dado que los concentrados de color pueden ser higroscópicos, el secado de resinas y concentrados ha demostrado ser eficaz para eliminar los defectos relacionados con la humedad. El secado por lotes antes de la extrusión es eficaz, pero puede resultar engorroso al procesar grandes cantidades de resina.

Los fluoropolímeros no requieren aire deshumidificado. El aire caliente de paso único puede eliminar la humedad superficial. Las temperaturas de 120 a 160 °C, con un tiempo de espera de 1 a 2 horas, suelen ser eficaces. El escape de la tolva debe tener una ventilación segura. Existen unidades de calentamiento de tolva empaquetadas para fluoropolímeros disponibles comercialmente.

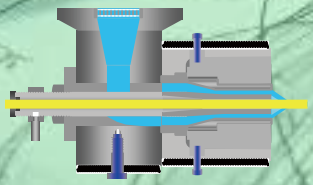
Paquete de Malla y Placa Rompedora

Para la extrusión de fluoropolímeros se puede utilizar un paquete de malla y una placa rompedora. Estos generan una contrapresión adicional para una mejor dispersión del pigmento o la carga en la masa fundida. El proceso debe ser lo suficientemente limpio como para no requerir la eliminación de contaminación ni aglomerados de color mediante tamizado. Los orificios de la placa de ruptura deben estar biselados a ambos lados para eliminar la retención de resina y el cizallamiento sobre un borde afilado. Una malla de 120 (0,125 mm) intercalada entre dos mallas de 80 (0,177 mm) es una configuración típica. Las mallas deben estar hechas de aleaciones resistentes a la corrosión de grado fluoropolímero.

Adaptador

El adaptador que conecta la cruceta al cilindro de la extrusora debe ser aerodinámico internamente para un flujo de masa fundida adecuado. Las reducciones cónicas de la sección transversal deben realizarse con un ángulo máximo de 30°. También debe contar con una banda calefactora con un controlador de temperatura. Compensar las temperaturas inadecuadas del adaptador con temperaturas más altas en el cilindro puede provocar degradación y un posible problema de seguridad durante el arranque. La resina solidificada dentro del adaptador restringirá el flujo de masa fundida de la extrusora.

Cruceta



Se utiliza comúnmente un diseño de cruceta de extrusora convencional. También hay otros diseños disponibles. Se utilizan cabezales en línea o de paso recto para extruir perfiles continuos, como tubos. Existen numerosas variantes comerciales. Es importante que el cabezal tenga un patrón de flujo simple y aerodinámico, sin puntos de retención. El tamaño dependerá del producto final de extrusión deseado. Sin embargo, la mejor opción es el menor volumen disponible y el menor tiempo de residencia que satisfaga las necesidades del producto final. La fractura por fusión, que se analiza más adelante en este documento, puede limitar la velocidad de producción. No obstante, los fluoropolímeros Everflon™ tienen una buena resistencia a la fusión, lo que permite altas relaciones de reducción para minimizar el efecto de la fractura por fusión.

Igualmente importante es la necesidad de especificar materiales de construcción resistentes a la corrosión de grado fluoropolímero. Los proveedores utilizan diferentes aleaciones que equilibran la resistencia a la corrosión con la facilidad de mecanizado y la apariencia después del uso con fluoropolímeros.

Bandas calefactoras

Las bandas calefactoras deben tener la capacidad suficiente para permitir una temperatura máxima de 425 °C durante el funcionamiento. Se pueden utilizar densidades de potencia de 4,65 W/cm² o superiores. Los controladores de temperatura proporcionales, integrales, diferenciales (PID), o equivalentes, son necesarios para una salida de extrusión por fusión estable.

Ventilación por extracción local

El procesamiento por fusión de todos los polímeros termoplásticos, incluidos los fluoropolímeros termoplásticos, provoca cierta degradación que puede liberar gases, vapores o humos perjudiciales para la salud o simplemente generar olores indeseables. La forma más eficaz de controlar estas emisiones es capturarlas en su origen y eliminarlas mediante ventilación por extracción local antes de que se dispersen en la atmósfera del lugar de trabajo. Esta técnica de captura se denomina ventilación por extracción local (VEL).

La VEL es eficaz, ya que solo se requiere un volumen de aire relativamente pequeño para capturar y eliminar las sustancias químicas suspendidas en el aire del plástico, en comparación con los grandes volúmenes necesarios para renovar el aire de todo un espacio de trabajo o fábrica. Además, la captura de contaminantes en su origen puede eliminar prácticamente la exposición de los trabajadores a las sustancias químicas.

OPERACIÓN DE LA EXTRUSORA

Una operación de extrusión exitosa requiere una atención minuciosa a muchos detalles, como: la calidad y el flujo del material de alimentación, un arranque y una parada que no degraden el polímero ni pongan en riesgo al equipo ni al operador, un perfil de temperatura de la extrusora que permita alcanzar y controlar el proceso a la temperatura de fusión deseada y al ritmo de producción requerido, un sistema de ventilación local adecuado y la manipulación de la resina.

Manipulación de la Resina

Se debe tener cuidado para evitar la condensación en la superficie de la resina. Algunos aditivos utilizados, como pigmentos o concentrados nucleantes, pueden absorber humedad. Deje que la resina se aclimate en el lugar de trabajo hasta 24 horas antes de su uso.

Se recomienda encarecidamente mantener la resina limpia de contaminación. Las bolsas y otros recipientes de resina deben mantenerse sellados antes de su uso. Evite la contaminación utilizando tolvas y contenedores de almacenamiento cubiertos. Los contaminantes a menudo provocan fallas en el producto extruido, como fallas por chispas en el aislamiento del cable.

Flujo de fusión

Las resinas de fluoropolímero son considerablemente más viscosas a las temperaturas de procesamiento recomendadas que la mayoría de las demás resinas termoplásticas. La viscosidad de fusión y el índice de fluidez (MFR), la cantidad de material fundido en gramos que pasa a través de un orificio determinado bajo presión y temperatura constantes durante un período de 10 minutos, son términos utilizados para describir el flujo del polímero fundido. Estas propiedades se miden en condiciones estándar y específicas de cizallamiento y temperatura.

Las normas ASTM definen estos valores y sus métodos de medición. Las viscosidades (a esfuerzo cortante constante) de estas resinas de fluoropolímero varían inversamente con su temperatura. El flujo de fusión de los fluoropolímeros Everflon™ FEP y PFA a través de orificios de matriz pequeños o herramientas de perfil similar, está limitado por la alta viscosidad de fusión y la baja "velocidad crítica de cizallamiento" de los polímeros. Sin embargo, tienen suficiente resistencia de fusión para permitir la extrusión a través de herramientas más grandes y el posterior estirado hasta el tamaño requerido. Los fluoropolímeros de ETFE Everflon™ tienen menor resistencia en estado fundido que los de FEP y PFA Everflon™ y, por lo tanto, no se pueden estirar tanto. Sin embargo, las mayores velocidades de cizallamiento críticas de los fluoropolímeros de ETFE Everflon™ permiten velocidades de extrusión comparables.

Fractura en estado fundido

Cuando una resina termoplástica fluye a través de un troquel o orificio de perfil, el flujo de fundido resultante presenta una superficie lisa. A medida que aumenta el rendimiento, el flujo alcanza una velocidad en la que se aprecia rugosidad superficial. Esta rugosidad, denominada "fractura en estado fundido", se debe a la fricción entre el fundido y las superficies de la pared del molde. A rendimientos más bajos, la fricción ralentiza el flujo en la pared del molde. A velocidades más altas, intenta detener el flujo; sin embargo, la presión del proceso lo supera, impulsando el fundido hacia adelante. El resultado es un flujo errático o de "superficie turbulenta" que provoca la rugosidad de la superficie. La extrusión a una velocidad demasiado alta para la viscosidad de la masa fundida, el tamaño del herramental y la temperatura de la configuración es la causa más común de fractura de la masa fundida.

La fractura de la masa fundida se produce a velocidades de flujo superiores a la "velocidad crítica de cizallamiento" de la masa fundida del polímero. Esta velocidad depende de la temperatura, por lo que a menudo es posible aumentar la producción aumentando la temperatura de la masa fundida. Sin embargo, la temperatura de la masa fundida siempre debe ser inferior a la que causa la degradación del polímero.

En los casos en que se utilizan pigmentos o ingredientes nucleantes, el cono es opaco; por lo tanto, la fractura de la masa fundida solo se puede observar en la superficie exterior. Es importante ejecutar la extrusión en condiciones que no provoquen fractura de la masa fundida.

Experimentar con resina sin pigmentar puede ser útil para determinar inicialmente estas condiciones. El examen del producto extruido, tanto por dentro como por fuera, también ayuda a identificar la presencia de fractura de la masa fundida.

La rugosidad debida a la presencia de humedad, contaminación o relleno puede confundirse con una fractura de la masa fundida. Una breve reducción del rendimiento reducirá o eliminará la fractura de la masa fundida si esta es la causa de la rugosidad superficial. Por el contrario, si la rugosidad persiste, incluso a tasas de producción bajas, se deben realizar correcciones apropiadas para detectar presencia de humedad o contaminación.

Extrusión típica de un tubo en un dimensionador de vacío. El tubo es brillante, de superficie lisa y transparente. No presenta fractura de fusión.

La misma extrusión a mayor rendimiento, con fractura de fusión evidente en el cono.

Esfuerzo cortante y velocidad de corte

La figura representa un mapa de las posibles condiciones de flujo para las resinas de fluoropolímero Everflon™ FEP&PFA, a temperaturas constantes de fusión y de matriz. Los fluoropolímeros Everflon™ ETFE no presentan este patrón regional. El mapa representa la relación entre el esfuerzo cortante y la velocidad de corte e ilustra cómo este aumenta con el aumento de esta.

El mapa define cuatro posibles regiones de comportamiento de extrusión. A velocidades de producción muy bajas, puede producirse degradación de la resina inducida térmicamente.

La Región I es la amplia zona de operación normal donde se realiza prácticamente toda la extrusión.

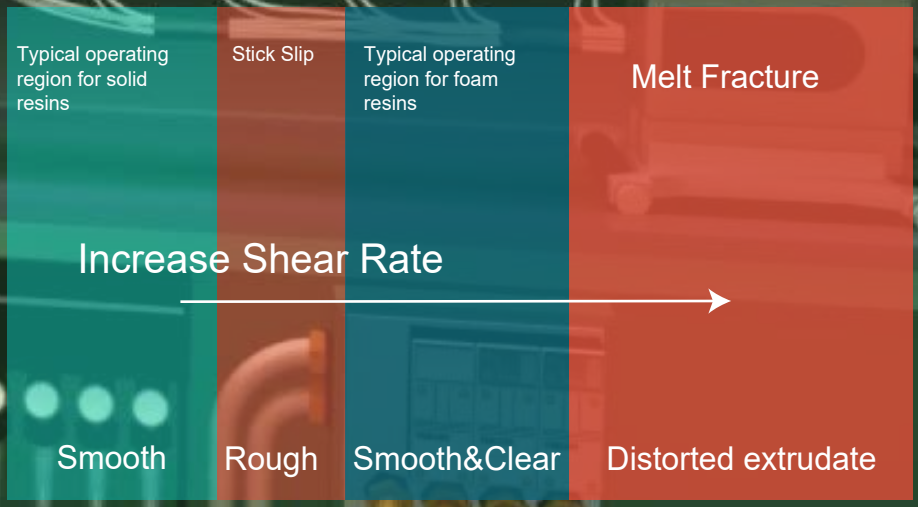
La Región II representa la transición de un extruido liso a un extruido rugoso "fracturado por fusión" mediante el aumento del flujo de resina a través del herramental. Durante esta transición, el polímero fundido alcanza su "velocidad de corte crítica". Esta velocidad de corte crítica se aplica a las condiciones específicas de extrusión.

Se obtiene un extruido liso en la Región III, normalmente denominada región de "supercorte". El supercizallamiento se produce cuando el flujo de la masa fundida de polímero pierde su adhesión a la superficie del herramental. Este fenómeno se acompaña de una disminución significativa de la presión en el cabezal de extrusión, lo que reduce la obstrucción del flujo de la masa fundida. De esta manera, se pueden lograr mayores tasas de producción, pero generalmente se observa un cambio en las propiedades mecánicas medidas del producto resultante.

En la Región IV, el extruido se vuelve excesivamente rugoso.

Para una geometría de herramental de perfil dada, la tasa de cizallamiento aumenta directamente a medida que aumenta la masa fundida. La tensión de cizallamiento aumenta a medida que aumenta la presión.

Al igual que ocurre con muchas masas fundidas termoplásticas no fluoropolímeras, la tensión de cizallamiento en las resinas de fluoropolímero Everflon ™ ETFE muestra un aumento casi directo de la tensión de cizallamiento al aumentar la tasa de cizallamiento. Dependiendo del peso molecular y la temperatura de procesamiento, estas resinas de fluoropolímero Everflon™ pueden comenzar a fracturarse por fusión a tasas de cizallamiento tan bajas como 10 a 100 segundos recíprocos. El Everflon™ FEP 4622 con un MFR de 22, extruido a una temperatura de fusión de 400 °C, se fractura por fusión en aproximadamente 500 segundos recíprocos. De igual manera, diversos grados de fluoropolímeros Everflon™ ETFE se fracturan por fusión entre 200 y 3000 segundos recíprocos.



Extrudate Appearance in Flow Regions I, II, III, IV

Fractura por extensión

Cuando el polímero fundido se empuja a través del herramental, se somete a un esfuerzo cortante que provoca una fractura por fusión al superar la velocidad crítica de corte. El polímero fundido se reduce en el cono inmediatamente después de salir del herramental. Esta reducción induce un esfuerzo cortante adicional.

Cuando se supera el límite de corte, el cono se ve turbio (si no se utiliza pigmento) y se producen pequeños agujeros o desgarros en el flujo de fusión. En condiciones extremas, el cono se rompe.

La velocidad a la que se produce la extensión también es importante. Un esfuerzo cortante demasiado rápido también provocará agujeros, desgarros y roturas del cono.

La cantidad total de esfuerzo cortante que un polímero puede soportar en este proceso se puede describir como su "presupuesto de corte". Este presupuesto se utiliza en parte en cada una de las tres etapas del proceso que influyen en el esfuerzo cortante: esfuerzo cortante del herramental, esfuerzo cortante por extensión y velocidad de esfuerzo cortante por extensión. Cuando cualquiera de estas etapas, o la combinación de las tres, supera la capacidad de la masa fundida de polímero para resistir el cizallamiento, el proceso se desestabiliza. Sin embargo, existe cierta flexibilidad para desplazar el trabajo realizado sobre la masa fundida del cizallamiento de herramientas al cizallamiento extensional. La adición de cizallamiento extensional y la velocidad de cizallamiento de extensión reduce eficazmente la "velocidad de cizallamiento crítica del proceso".

Everflon™ FEP 4622 a MFR 22, extruido en fusión a 400 °C, presentará fractura de fusión al purgarse de las herramientas (es decir, solo el cizallamiento de herramientas) a unos 550 segundos recíprocos. Al estirarse sobre alambre (es decir, aplicando cizallamiento de herramientas, extensional y la velocidad de cizallamiento de extensión), el proceso se limita a un rendimiento equivalente a 350 segundos recíprocos. Esto explica por qué los procesadores de fluoropolímeros rara vez alcanzan el rendimiento de extrusión potencial descrito por la velocidad de cizallamiento crítica del polímero.

Relación de Reducción

La relación de reducción (DDR) se define como la relación entre el área de la sección transversal del hueco de la herramienta y el área de la sección transversal del perfil terminado.

El aislamiento o revestimiento de cables y alambres se realiza principalmente mediante extrusión de tubo estirado. El perfilado tubular es la configuración de extrusión de fluoropolímeros más común, y la fabricación de tubos y mangueras es un proceso de tubo estirado. En este tipo de perfilado tubular, se coloca una punta circular (o mandril) dentro de una matriz circular para formar un hueco anular con un centro común. El área de la sección transversal es, por lo tanto, la descrita por la circunferencia de la matriz menos el área descrita por la circunferencia de la punta. De igual manera, el área de la sección transversal del perfil del producto (tubo o aislamiento tubular en el alambre) es el área descrita por la circunferencia exterior menos la descrita por la circunferencia interior. Estas cuatro áreas se pueden calcular fácilmente mediante fórmulas geométricas básicas. Sin embargo, como los términos comunes se cancelan entre sí, la DDR se puede calcular fácilmente utilizando el término del diámetro al cuadrado. Aumentar la relación de estirado reduce el esfuerzo cortante en el herramental. La fractura por fusión no se producirá hasta que se alcance un mayor rendimiento. Esto permite aumentar la velocidad de la línea de producción. Un DDR más alto también reduce el riesgo de goteo en la punta. En algunos experimentos limitados, un DDR más alto proporcionó un mejor rendimiento eléctrico debido a que el polímero se ajustaba con mayor firmeza al alambre.

Una relación de estirado más baja aumenta el esfuerzo cortante en el herramental, lo que resulta en una aparición más temprana de la fractura por fusión. Sin embargo, un DDR más bajo proporciona un cono de estirado más estable. Esto reduce la tendencia a la rotura del cono y mejora la consistencia del control del diámetro.

La tasa de producción práctica es aquella que logra un equilibrio aceptable entre la velocidad de la línea de producción y la calidad final requerida. Las construcciones de alambre pequeñas suelen producirse más rápido que las grandes, y la fabricación de tubos, donde el control del diámetro y la concentricidad del espesor de la pared son tan importantes, siempre se realiza con un DDR bajo y velocidades de línea lentas.

Equilibrio de la Relación de Estiramiento

El equilibrio de la relación de estiramiento (DRB) se define como la velocidad a la que desciende el exterior del cono de estirado, dividida entre la velocidad a la que desciende el interior del cono. Un equilibrio perfecto equivale a 1,00.
Un DRB incorrecto es la causa más común de problemas con las herramientas en la extrusión de fluoropolímeros Everflon™. Cuando el DRB es significativamente mayor que 1,0, se producen desgarros debido al exceso de polímero en el exterior del perfil. Cuando el DRB es significativamente menor que 1,0, el exceso de polímero en el interior del perfil provoca pliegues. Por lo tanto, dimensionar correctamente las herramientas es esencial para una buena extrusión.

Control de la Longitud del Cono

En el recubrimiento de alambres, la longitud del cono se acorta y se controla aplicando vacío al interior del cono a través de un orificio perforado en el tubo central de la cruceta.
Este orificio es el que atraviesa el cable conductor. El vacío se puede obtener fácilmente con una bomba de vacío y controlarse mediante una válvula de aguja. Acortar el cono reduce el tiempo de estirado de la masa fundida. Esto aumenta la velocidad de extensión, lo que provoca agujeros, desgarros y roturas a medida que este se acorta. Los conos largos provocan oscilaciones o bamboleos visibles, lo que provoca fluctuaciones de diámetro en el producto final. El vacío suele ser ajustable por el operador para lograr un proceso estable entre las fallas de cono largo y corto.

En la fabricación de tubos, la longitud del cono se determina por la distancia desde la cara del herramental hasta la matriz de dimensionamiento en el tanque de vacío. El tanque de vacío suele ser ajustable.

A veces se aplica vacío al interior del cono para facilitar el estirado. En otros casos, cuando la relación de estirado es pequeña, o cuando el cono se estira a un perfil de mayor diámetro, se aplica aire al interior del cono para ayudar a llenar completamente la matriz de dimensionamiento.

Temperatura de la masa fundida

El efecto de la temperatura de la masa fundida en la viscosidad del polímero y sus características de estirado es un factor importante en la extrusión de Everflon™ FEP, PFA y ETFE. El operador debe elegir la temperatura de fusión para ejecutar el proceso. Experimentos estructurados han demostrado que la temperatura de fusión y la relación de extracción son los dos factores más influyentes en la configuración del proceso que determinan el rendimiento y la calidad.
El fluoropolímero debe estar completamente fundido justo antes de entrar en la sección de dosificación. Si no se llena adecuadamente la sección de dosificación con la masa fundida, el rendimiento puede ser variable.
Es esencial contar con una sonda de temperatura de fusión por contacto. La temperatura de fusión variará considerablemente al modificar el rendimiento, pero el perfil térmico debe mantenerse constante.

Precalentamiento del cable

El control del proceso de recubrimiento del cable y el posterior rendimiento del cable se ven considerablemente afectados por la temperatura del conductor a medida que el polímero fundido se deposita sobre él. Un conductor frío también absorbe calor de la punta, lo que aumenta la probabilidad de fractura por fusión en el interior del cono. Por lo tanto, se recomienda precalentar el cable. Esto se suele lograr mediante un precalentador inductivo en línea. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que existe una ventana de operación centrada en torno a los 150 °C. La adhesión del polímero al conductor se puede ajustar en cierta medida mediante el control de vacío y precalentamiento.

Distancia de enfriamiento

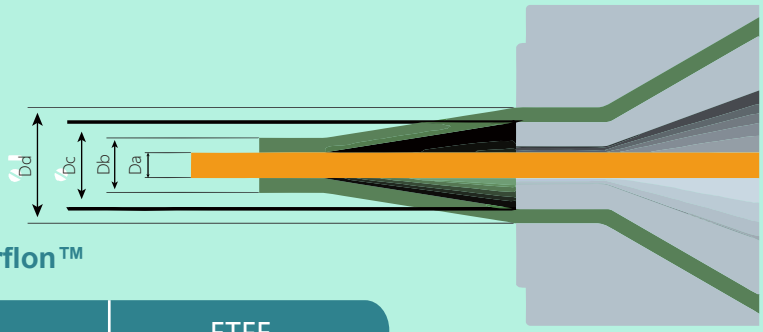
Los perfiles de los tubos se enfrían en el tanque de vacío, generalmente mediante la circulación de agua a temperatura controlada. El recubrimiento del cable se enfría al aire y posteriormente mediante agua de enfriamiento. Everflon™ FEP, PFA y ETFE se contraen al enfriarse de nuevo a su estado sólido.

Como la mayoría de los polímeros, Everflon™ FEP, PFA y ETFE son buenos aislantes. Si se enfría la superficie exterior del recubrimiento de un cable para solidificar la superficie del polímero, el interior se contraerá, separándose del cable a medida que pierde calor más lentamente. El vacío variable que esto crea a lo largo del conductor afectará negativamente el rendimiento del cable. La mejor manera de evitar este enfriamiento variable es dejar que el cable recubierto se enfríe al aire el mayor tiempo posible antes de templarlo con agua. A medida que aumenta la velocidad de la línea, el "entrehierro" en la mayoría de los procesos se vuelve menos efectivo. El efecto del enfriamiento con agua a veces se controla utilizando un tramo corto de enfriamiento con agua caliente antes del entrehierro. En configuraciones de línea donde la limitación de espacio impide un entrehierro largo, es necesario experimentar para determinar el sistema de enfriamiento más eficaz que evite la formación de vacíos a lo largo del conductor.

$$DDR=(D^2d-D^2c) / (D^2b-D^2a)$$

$$DRB=(D^2d-D^2b) / (D^2c-D^2a)$$

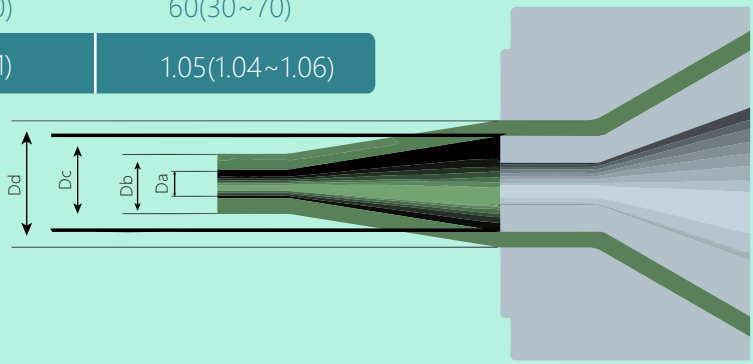
Extrusión de cables



DDR y DRB recomendados para fluoroplásticos Everflon™

Materials	FEP	PFA	ETFE
DDR	100(90~110)	100(90~110)	60(30~70)
DRB	1.05(0.9~1.1)	1.05(0.9~1.1)	1.05(1.04~1.06)

Extrusión de tubos



PUESTA EN MARCHA

Antes de la puesta en marcha

1. A menos que ya haya la misma resina en la máquina de una ejecución anterior, se debe limpiar toda la extrusora, incluyendo la tolva de alimentación, el cilindro, el tornillo, la placa de corte, el cabezal transversal, la matriz y la punta. Si se utilizan paquetes de mallas, reemplácelos al momento de la limpieza. Nota: Asegúrese de que se hayan utilizado aleaciones de fluoropolímero resistentes a la corrosión para todas estas piezas.
2. Compruebe el estado y la idoneidad de todas las bandas calefactoras y las conexiones eléctricas.
3. Compruebe que los termopares estén correctamente asentados y que sus conexiones sean seguras.
4. Inspeccione los transductores de presión y asegúrese de que los interruptores de seguridad de alta presión estén activados.
5. Asegúrese de que el flujo de material fundido a través del cabezal no esté bloqueado.
6. Asegúrese de que el sistema de ventilación local por extracción (VLE) tenga un flujo de aire adecuado.
7. Llene parcialmente un recipiente de enfriamiento con agua limpia para recoger el extruido de purga.

Procedimientos de puesta en marcha

1. Ajuste todos los controladores de temperatura a 177 °C y deje que se equilibren todos los calentamientos.
2. Asegúrese de que todas las temperaturas aumenten a un ritmo normal. Compruebe si hay desviaciones que puedan indicar calentadores quemados o descontrolados. Un registrador de banda gráfica es una forma útil de supervisar los controladores de temperatura y su ciclo. 3. Ajuste todos los controladores de temperatura a 288 °C y deje que todos los calores se equilibren.
4. Compruebe que todas las temperaturas hayan subido con normalidad.
5. Ajuste las temperaturas individuales al perfil de temperatura deseado y deje que se equilibren. Nota: Este perfil se ajusta con precisión a las velocidades de funcionamiento para obtener la temperatura de fusión deseada. No utilice el perfil como "control". En un perfil determinado, la temperatura de fusión variará con el rendimiento (RPM).
6. Deje un tiempo de "remojo de calor" de al menos 15 minutos después de que todas las temperaturas hayan alcanzado su punto de ajuste. Esto es para asegurar que todo el polímero presente se funda y, por lo tanto, minimizará el aumento excesivo de presión al girar el tornillo.
7. No se sitúe frente al extrusor durante el arranque del tornillo. Nunca mire directamente a la tolva de alimentación debido al riesgo de retroceso.
8. Arranque el tornillo y ajústelo a unas 10 RPM. Purgue durante unos 10 minutos. Esté atento a picos de presión o amperaje y, si se producen, apáguelo.
9. Aumente las RPM a aproximadamente 25 y ajuste la matriz para centrarla alrededor de la punta. Nota: Esto no es necesario en cabezales autocentrantes.
10. Comience a fabricar el producto y ajuste el perfil de temperatura para obtener la temperatura de fusión deseada a la velocidad de producción planificada.

Procedimientos de Apagado

El procedimiento de apagado variará ligeramente dependiendo de si la máquina se va a apagar y preparar para una nueva producción o si simplemente se detiene por un tiempo antes de reanudarla.

El objetivo es evitar la degradación del polímero, que contaminaría la siguiente producción, minimizando la exposición de la resina a altas temperaturas. Sin embargo, una máquina dedicada a una producción prolongada con la misma resina debe desmontarse y limpiarse periódicamente.

Si se va a utilizar el mismo grado de resina en una operación posterior y la exposición a la temperatura de la resina en el equipo se controla al mínimo, no suele ser necesaria la limpieza. Cambiar el grado de resina requiere el desmontaje y una limpieza exhaustiva. No intente ahorrar tiempo purgando un grado con otro. El desmontaje y la limpieza se realizan mejor mientras el equipo aún se encuentra a temperatura elevada.

Apagado sin limpieza del extrusor

Siga estos pasos para un apagado correcto:

1. Vacíe la tolva de alimentación a través de su conducto de descarga y aspire los gránulos de resina restantes. 2. Si se está recubriendo alambre, córtelo y retírelo del cabezal. Si se está fabricando un tubo, desconecte el flujo de material fundido de la matriz de dimensionamiento.

3. Reduzca todos los ajustes de temperatura al punto de fusión de la última resina procesada.

4. Reduzca las revoluciones del tornillo a una velocidad moderadamente baja (10 a 20 RPM) y deje que el material fundido se purgue en un cubo con agua de enfriamiento u otro recipiente preparado para eliminar o capturar los vapores que emanan del material fundido.

5. Cuando se produzca una caída significativa de la presión del cilindro, o si el extrusor se ha vaciado por completo, reduzca la temperatura a 177 °C y detenga el tornillo.

Nota: Los pasos 4 y 5 deben completarse antes de que la temperatura baje significativamente.

6. Si se utiliza una placa de separación y paquetes de mallas, desconecte el cabezal y retírelos para su limpieza.

Apagado con limpieza del extrusor

Siga estos pasos para un apagado correcto:

1. Vacíe la tolva de alimentación como se indica arriba.

2. Si se recubre alambre, deténgalo y retírelo del cabezal. Si se fabrica un tubo, desconecte la masa fundida del molde de dimensionamiento.

3. Reduzca todos los ajustes de temperatura: Para Everflon™ FEP y PFA, ajuste a ~288 °C. Para Everflon™ ETFE, ajuste la temperatura a ~177 °C. Reduzca la velocidad del tornillo a una velocidad moderadamente baja (10 a 20 RPM) y deje que la masa fundida se purgue en un crisol de enfriamiento.

4. Cuando la extrusora parezca estar vacía, detenga el tornillo.

5. Apague y desconecte los calentadores del cabezal.

6. Desmonte el cabezal y límpielo bajo una campana extractora mientras aún esté caliente. Retire las herramientas y el tubo central, y límpielos con espátulas y cepillos de cobre o latón. Retire todos los calentadores y termopares. Las piezas pequeñas del equipo se pueden quemar en un horno de mufla adecuado. No queme la pieza con un soplete de propano, ya que un calentamiento desigual podría deformar el componente.

7. Empuje el tornillo gradualmente mientras lo limpia con un cepillo de alambre y lana de cobre. Nunca utilice un soplete de propano para quemar la resina. La aleación podría desteñirse o deformarse. Repita este proceso hasta que haya extraído y limpiado todo el tornillo.

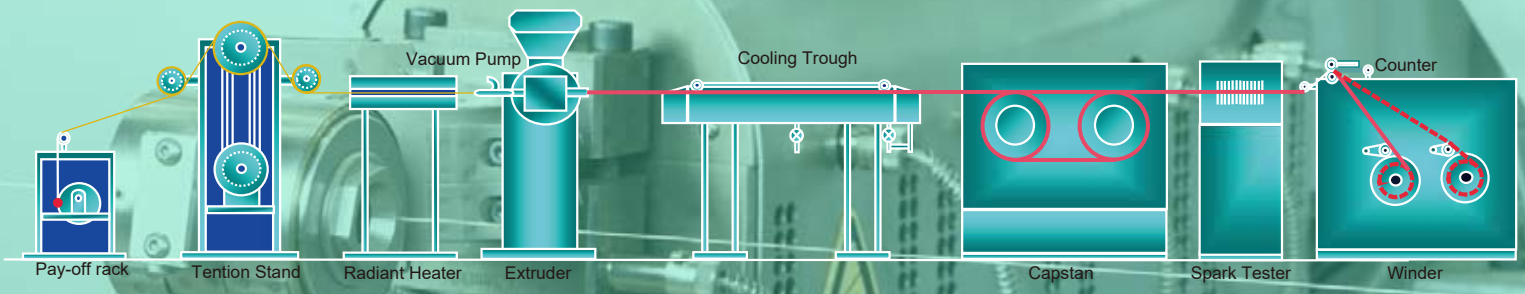
8. Limpie el cilindro con lana de cobre y luego pula con una gasa de algodón envuelta alrededor del cabezal del cepillo escariador.

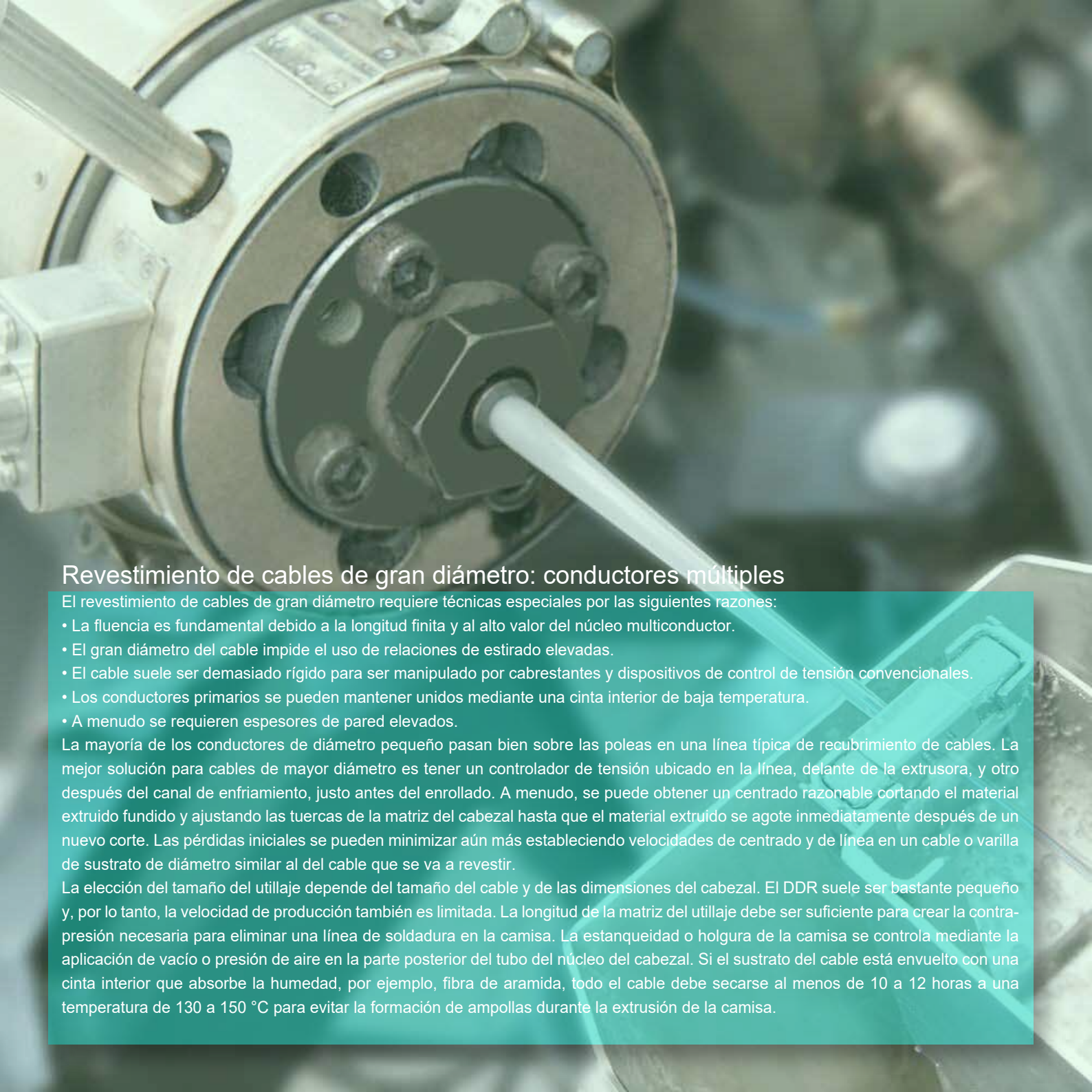
9. Apague los calentadores y aísle la fuente de alimentación del proceso.

Como se mencionó anteriormente, se puede utilizar un horno de mufla ventilado a 540 °C para limpiar piezas pequeñas.

Recubrimiento de Alambre

En la figura se muestra una línea típica de recubrimiento de alambre. La línea debe ser capaz de suministrar el alambre con tensión uniforme a la velocidad de producción deseada, sin variaciones ni desviaciones. El desenrollador, el control de tensión, el precalentador y el enrollador suelen diseñarse para una gama de calibres de alambre. Los desenrolladores tipo "mosca", diseñados para liberar el alambre como si fuera hilo de pescar de un carrete, facilitan largos periodos de aislamiento continuo. Muchas instalaciones recientes incluyen una máquina de trefilado en línea. Este método resulta eficaz para aislar tramos muy largos de alambre del mismo calibre. Las construcciones de cables grandes y más rígidas suelen requerir equipos especiales para radios amplios.





Revestimiento de cables de gran diámetro: conductores múltiples

El revestimiento de cables de gran diámetro requiere técnicas especiales por las siguientes razones:

- La fluencia es fundamental debido a la longitud finita y al alto valor del núcleo multiconductor.
- El gran diámetro del cable impide el uso de relaciones de estirado elevadas.
- El cable suele ser demasiado rígido para ser manipulado por cabrestantes y dispositivos de control de tensión convencionales.
- Los conductores primarios se pueden mantener unidos mediante una cinta interior de baja temperatura.
- A menudo se requieren espesores de pared elevados.

La mayoría de los conductores de diámetro pequeño pasan bien sobre las poleas en una línea típica de recubrimiento de cables. La mejor solución para cables de mayor diámetro es tener un controlador de tensión ubicado en la línea, delante de la extrusora, y otro después del canal de enfriamiento, justo antes del enrollado. A menudo, se puede obtener un centrado razonable cortando el material extruido fundido y ajustando las tuercas de la matriz del cabezal hasta que el material extruido se agote inmediatamente después de un nuevo corte. Las pérdidas iniciales se pueden minimizar aún más estableciendo velocidades de centrado y de línea en un cable o varilla de sustrato de diámetro similar al del cable que se va a revestir.

La elección del tamaño del utillaje depende del tamaño del cable y de las dimensiones del cabezal. El DDR suele ser bastante pequeño y, por lo tanto, la velocidad de producción también es limitada. La longitud de la matriz del utillaje debe ser suficiente para crear la contra-presión necesaria para eliminar una línea de soldadura en la camisa. La estanqueidad o holgura de la camisa se controla mediante la aplicación de vacío o presión de aire en la parte posterior del tubo del núcleo del cabezal. Si el sustrato del cable está envuelto con una cinta interior que absorbe la humedad, por ejemplo, fibra de aramida, todo el cable debe secarse al menos de 10 a 12 horas a una temperatura de 130 a 150 °C para evitar la formación de ampollas durante la extrusión de la camisa.

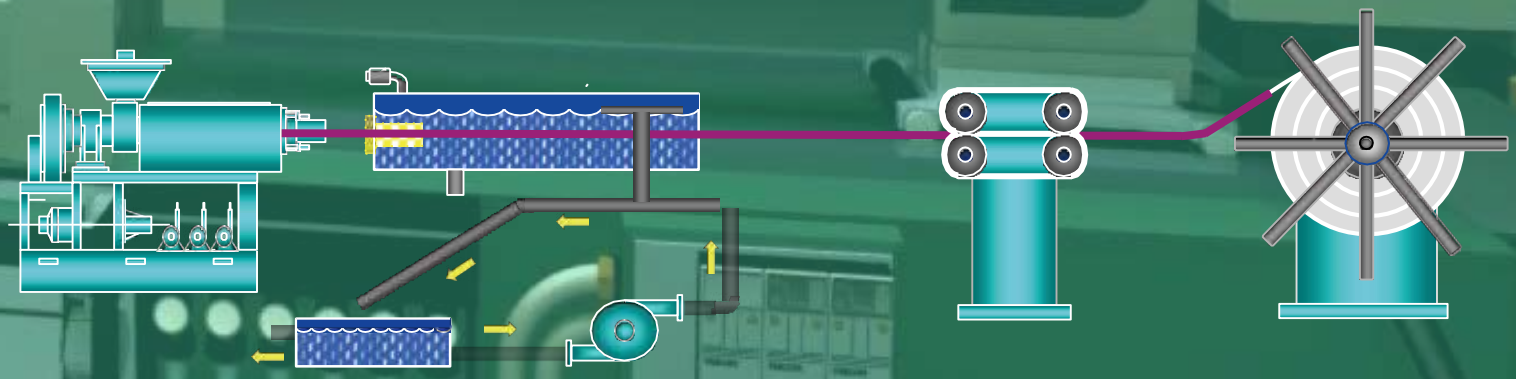
Tuberías y tubos

El proceso de extrusión de tubos es similar al del recubrimiento de alambres. Sin embargo, las técnicas de detalle difieren y dependen del tamaño y tipo de tubo que se fabrica. Se pueden utilizar matrices de cruceta, pero los cabezales en línea son más comunes.

Los tubos y tuberías se pueden extruir a partir de fluoroplásticos Everflon™. Estas extrusiones se suelen aplicar en el transporte de productos químicos corrosivos y, en menor medida, como revestimientos.

La extrusión de tubos es bastante similar al proceso de aislamiento de alambres. Los detalles del procesamiento dependen del tamaño y tipo de tubo. Los tubos se pueden fabricar tanto con matrices en línea como con matrices de cruceta. Los tubos Everflon™ FEP se pueden producir con diámetros exteriores desde tan solo 1 mm hasta más de 20 mm.

Este rango se divide en tres zonas de procesamiento según el tamaño del diámetro exterior: pequeño, mediano y grande. La matriz de dimensionamiento determina el diámetro exterior de la extrusión y la velocidad de la línea determina el diámetro interior. La velocidad de enrollado, la separación de la matriz y la diferencia entre el diámetro interior de la matriz y el diámetro exterior de la punta determinan el espesor de la pared.



Tubos pequeños (espaguetis)

Los tubos pequeños (<5 mm de diámetro exterior y <1 mm de espesor de pared) se suelen producir mediante el método de extrusión libre. Este método es similar al recubrimiento con alambre, pero sin alambre. El tamaño y el espesor de pared dependen de las dimensiones del herramental y del equilibrio entre la salida de la extrusora y la tensado del tubo. La elección del herramental puede ser similar a la utilizada para el recubrimiento con alambre; sin embargo, se utiliza una relación de estirado mucho menor. La DDR en el rango de 7:1 a 10:1 es normal.

Se puede utilizar un molde de dimensionamiento ubicado a la entrada del baño de temple para controlar el diámetro exterior. A veces resulta útil aplicar una ligera presión de aire dentro de la mesa para asegurar que la matriz de dimensionamiento esté llena.

Tubos medianos

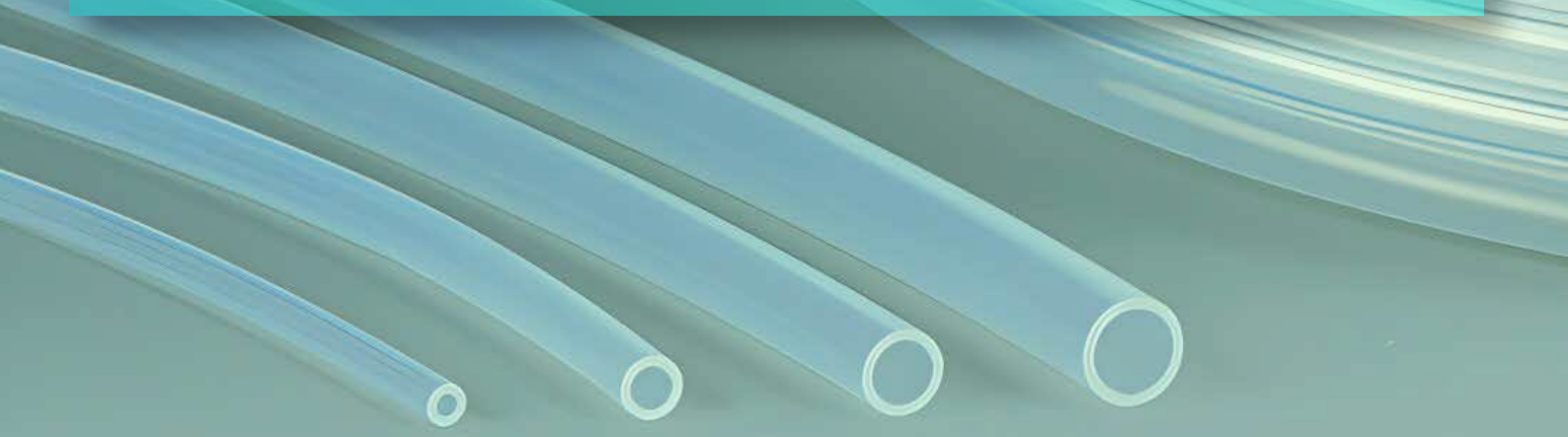
Los tubos de 10 mm o más de diámetro se fabrican a menudo mediante el método de dimensionamiento al vacío.

Este proceso no requiere presión adicional dentro del tubo para llenar la matriz, ya que el vacío que la rodea lo hace. Por lo tanto, el tubo que se fabrica tiene extremos abiertos, lo que permite cortarlo a cualquier longitud sin interrumpir el proceso. En este caso, se pueden utilizar herramientas de tamaños similares a los utilizados para tubos pequeños. Un DDR bajo, que resulta en una orientación reducida en el cono, es especialmente importante si el tubo se va a dimensionar en una operación posterior.

Una alta orientación de la masa fundida sumada al postformado puede acercar los límites de elongación del polímero y provocar fallos o roturas.

Tubos grandes de pared delgada

Los tubos de pared delgada de 12 a 30 mm de diámetro y 0,3 a 0,8 mm de espesor de pared se fabrican a veces mediante el método de mandril extendido. Una extensión cónica de mandril de latón se fija a la guía o punta. La guía suele calentarse eléctricamente para evitar la fractura de la masa fundida, y el mandril se enfría o calienta ligeramente con aceite para solidificar la masa fundida de fluoropolímero y evitar que se pegue.

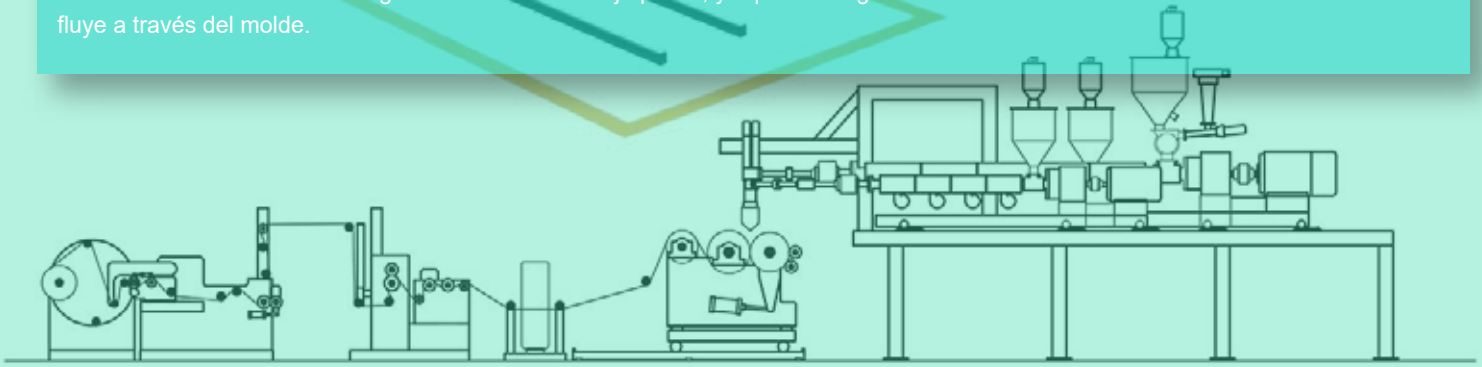


Películas y láminas

Las películas de fluoropolímero Everflon™ se utilizan en aplicaciones donde se requieren temperaturas extremadamente altas y bajas, así como productos químicos agresivos. Por ejemplo, estas películas se utilizan como láminas desprendibles en el moldeo por compresión de piezas de alta temperatura con resinas epoxi y fenólicas. Otra aplicación común es, en general, como revestimientos. Un ejemplo es la protección de rodillos metálicos contra la corrosión en industrias de procesamiento químico como la fabricación de papel. Otras aplicaciones incluyen el acristalamiento de colectores solares, bolsas para muestras de gases y líquidos, y el envasado de medicamentos y alimentos. Los fluoroplásticos Everflon™ parcialmente fluorados proporcionan películas con una resistencia a la tracción y un módulo de elasticidad especialmente excelentes para aplicaciones que requieren resistencia mecánica.

Las películas de fluoropolímero Everflon™ orientadas monoaxial y biaxialmente se fabrican mediante la extrusión de la resina en masa fundida en láminas o tubos planos. La función principal de la orientación es mejorar las propiedades mecánicas de la película, como la resistencia a la rotura por tracción y al desgarro. La decisión sobre la orientación suele basarse en los requisitos de las propiedades mecánicas del uso final. El molde más común para extruir una película fluoroplástica plana es el de tipo percha. La figura muestra un esquema de un molde de tipo percha. La masa fundida de fluoropolímero Everflon™ entra en el molde cerca de su centro lateral y se redirige hacia los dos extremos del molde. La masa fundida se desplaza por los canales inclinados hacia el lado de salida del molde, distribuyéndose así a lo ancho del mismo. El polímero fundido Everflon™ fluye a través del espacio del molde hacia la ranura de salida, también llamada labios del molde. Este espacio está formado por dos placas metálicas planas y se denomina área de contacto, como se le conoce en otros tipos de moldes. Las dos placas suelen estar formadas por varias secciones, que pueden ajustarse independientemente para aumentar el control sobre el espesor de la película/lámina extruida.

El molde está diseñado de tal manera que los canales restringen el flujo de la masa fundida, de modo que toda la masa fundida experimenta la misma cantidad de cizallamiento. La distancia de recorrido se equilibra mediante las restricciones diseñadas en los canales de flujo. El efecto neto es la igualdad de caudales en el centro y en los extremos del molde, lo que resulta en un espesor de alma uniforme. Esto significa que el flujo en el centro del molde es el más restringido. Una ventaja de este enfoque es la uniformidad del tiempo de residencia en el molde. Este régimen se denomina flujo pistón, ya que no se genera cizallamiento interno en la masa fundida mientras fluye a través del molde.



GUÍA DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Posibles causas	Fractura por fusión	Velocidad de extrusión demasiado lenta	Fallo por chispas	Ampollas	Variación del calibre	Centrado deficiente o deformación	Agujeros, desgarros	Rotura del cono
Variaciones en el procesamiento								
Contaminación			●				●	●
Resina demasiado fría	●	●					●	●
Molde demasiado frío	●	●					●	●
Velocidad de extrusión demasiado rápida	●		●				●	●
Longitud del cono demasiado corta							●	●
Burbujas en la masa fundida			●				●	●
Sustrato sucio, húmedo o rugoso			●				●	●
Exceso de extracción			●				●	●
Salpicaduras de agua de refrigeración			●					●
Punta de la guía descentrada			●			●		
Orificio central en la punta de la guía demasiado grande						●		
Enfriamiento de agua inadecuado						●		
Tensión de la masa fundida insuficiente						●		
Equilibrio inadecuado de la relación de extracción						●	●	●
Suministro de resina con sobrepresiones					●	●		
Diseño inadecuado del husillo		●			●			
Variaciones de la velocidad del hilo					●			
Variaciones del vacío					●			
Longitud del cono demasiado larga					●			
Variaciones en el diámetro del hilo					●			
Temperatura del cilindro trasero demasiado baja		●						
Extracción demasiado baja	●	●						
Entrada de aire demasiado larga				●				
Desgasificación del sustrato			●	●				
Tiempo de retención de la resina demasiado largo				●				
Temperatura de la resina demasiado alta				●				
Diseño inadecuado del molde o la punta								●
Resina o pigmento húmedos			●	●			●	●

GUÍA DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Aspecto del extruido

Posibles causas	Decoloración	Rugosidad superficial	Construcciones con	pigmentos de color	deficientes	Grietas en el	aislamiento
Productos de corrosión						●	
Retención localizada de resina	●				●	●	
Temperatura de la resina demasiado alta	●		●	●	●	●	
Tolva del extrusor sucia						●	
Manipulación o almacenamiento inadecuados				●		●	
Tiempo de retención demasiado largo	●			●	●		
Estrechez excesiva				●			
Hilos rotos o sustratos afilados					●		
Aire atrapado					●		
Precalentamiento excesivo del alambre					●		
Resina húmeda					●		
Sustrato sucio					●		
Huecos por contracción debido a un temple inadecuado							
Molde demasiado frío		●		●			
Molde demasiado restrictivo		●					
Temperatura de la resina demasiado baja		●		●			
Contaminación		●					
Superficie deficiente del molde		●					
Colocación incorrecta de la punta de la guía		●					
Extracción incorrecta de la masa fundida		●		●			
Humedad absorbida en la resina		●					
Rugosidad en el alambre o cable base		●					
Líneas de soldadura (Molde y punta incorrectos)		●		●			
Relación de dilución de los concentrados de color incorrecta			●				
Dispersión deficiente del pigmento			●				
Velocidad de extrusión demasiado rápida		●					
Color incorrecto Concentrado			●				

GUÍA DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Propiedades del extruido — Posibles causas	Problema: Envejecimiento térmico deficiente	Corte deficiente	Fuerza de desforre elevada	Fuerza de desforre baja	Baja rigidez dieléctrica	Baja resistencia a la tracción o elongación
Calentamiento inadecuado del cable						●
Burbujas o huecos	●				●	●
Concentricidad deficiente	●	●				
Contaminación					●	●
Longitud del cono demasiado corta			●			
Longitud del cono demasiado larga				●		
Entrehierro demasiado corto para la velocidad de la línea				●		
Entrehierro demasiado largo para la velocidad de la línea			●			
Degradación excesiva	●					●
Recubrimiento demasiado fino o no uniforme	●	●			●	●

Everflon Academic Center

Tel: +86-185-7168-9228

info@everflon.com

www.everflon.com

Para obtener más información sobre nuestra empresa, productos y servicios, visite nuestro sitio web en www.everflon.com o www.everflon-latin.com