

SELECCIÓN DE CILINDROS Y TORNILLOS

Por: Westland Corporation

SELECCIÓN DE TORNILLOS

La selección adecuada de un tornillo para aplicarlo en un proceso determinado deberá basarse en la resina que deberá procesarse. La resina a procesarse será el factor determinante principal en la selección tanto del diseño como del tornillo y del material con que esté hecho este último.

Diseño del tornillo

Sin considerar a los tornillos de carrera múltiple (tornillos barrera) y los de secciones combinadas, existen cinco posibles variaciones en el diseño y la fabricación de un tornillo: la relación L/D, profundidad de los canales, relación de compresión, perfil y ángulo helicoidal (ver figura 1).

1. Relación L/D

La relación L/D es la relación que existe entre la longitud de trabajo de la carrera de un tornillo (la distancia desde el extremo frontal de la abertura de alimentación hasta el extremo de la carrera del tornillo, cuando el tornillo está en posición hacia enfrente) a su diámetro exterior. En la práctica se calcula sencillamente dividiendo la longitud del tornillo entre su diámetro

nominal. La relación L/D más común es 20:1, inclusive cuando día a día existe un mayor número de fabricantes que ofrecen varias opciones de diseño para la relación L/D.

Efecto: A mayor relación (mayor superficie de carrera)

- Mayor calor de corte puede generarse uniformemente en el plástico sin causar degradación.
- Mayor oportunidad para mezclado, dando como resultado una mejor calidad de fundición.
- Mejor resistencia a la degradación del plástico en el cilindro, permitiendo ciclo potencialmente más rápidos de mayor inyección.

2. Perfil del tornillo

Un perfil estándar tiene tres zonas: la **zona de alimentación**, en donde entra el plástico primeramente en el tornillo y es transportado a través de un diámetro de profundidad de raíz constante; la **zona de transición**, donde el plástico es transportado, comprimido y derretido a través de un diámetro de raíz que incrementa en tamaño con un estrechamiento constante; la **zona de dosificación**,

donde el plástico está completamente derretido y es transportado a través de un diámetro raíz menos profundo y constante, alcanzando la temperatura y la viscosidad necesaria para ser inyectado (o elongado). El perfil del tornillo resultante está expresado en el número de carreras o en el diámetro de cada sección, por ejemplo, 10-5-5, en el que se diseña la mayoría de los tornillos para usos generales.

Efecto: La longitud de cada sección repercute en cómo una resina alcanza su condición de fundición tales como:

- Una sección de alimentación mayor crea un gran potencial en el rendimiento.
- Una transición más larga representa menor calor de corte y un mayor tiempo para comprimir y fundir la resina. Una transición menor nos da como resultado un mayor tiempo de cizallado y un menor tiempo de compresión y derretido de resina.
- Una sección de medición mayor crea más presión de bombeo la cual es vital para la expulsión o enlongado.
- Una sección de medida menor significa menor tiempo para

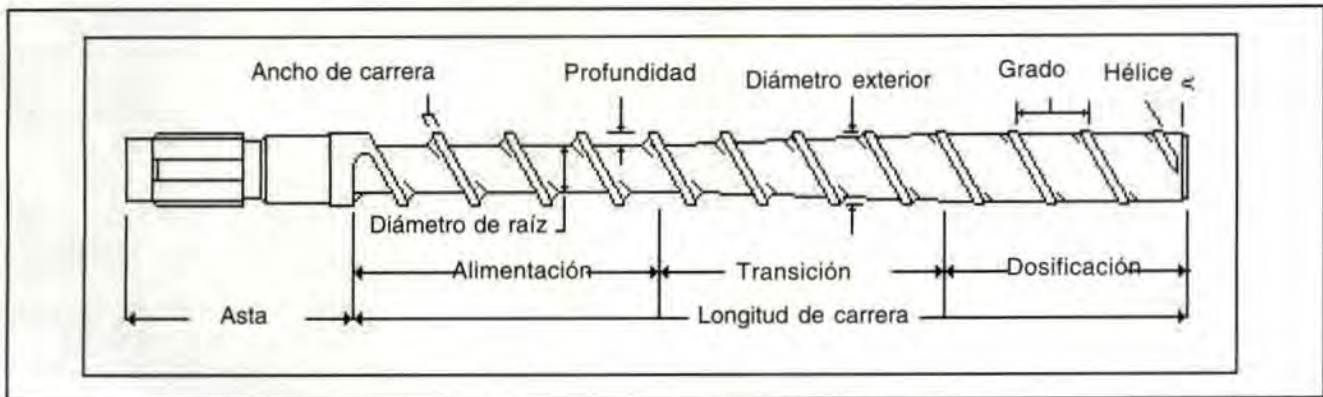


Figura 1. Diseño de tornillos

asegurar calidad de fundición isotérmica.

3. Profundidad de los canales

El tipo de polímero a procesar determina la profundidad de los canales en la zona de dosificación. La alimentación y la profundidad de los canales de transición, por consiguiente, dependen de la relación de compresión y perfil del tornillo.

Efecto: La profundidad de los canales influye en el corte y en el rendimiento del tornillo. Por ejemplo, un canal de poca profundidad.

- Incrementa la exposición del plástico en la pared caliente del cilindro, permitiendo que se imparta mayor calor de corte a la resina.
- Reduce el rendimiento potencial del tornillo.

4. Relación de compresión

La relación entre la profundidad del canal en la zona de alimentación, y la profundidad del canal de la zona de dosificación conocida como "relación de compresión", típicamente tiene un rango de 1.5:1 a 4.5:1 en la mayoría

de los materiales termoplásticos. La mayoría de los tornillos de uso general tienen una relación de compresión de 2.5:1 a 3.0:1. Los tornillos para termoset tienen una relación de 1.0:1.

Efecto: Cuanto mayor sea la relación de compresión, más grande será:

- El calor de corte impartido a la resina.
- La uniformidad del calor en la fundición, pero incrementará el potencial para crear tensiones de algunas resinas.

5. Ángulo helicoidal

El ángulo helicoidal es el ángulo de la carrera del tornillo en relación a un plano perpendicular a los ejes del tornillo. Aunque el ángulo helicoidal comúnmente no se altera en un tornillo estándar de paso cuadrado (en donde la distancia entre una carrera y la otra es igual al diámetro del tornillo), un cambio de éste tipo puede tener un efecto significativo en el proceso. Por ejemplo, un ángulo helicoidal pequeño reduce la longitud axial de fundición (y es usado en la primera etapa de un tornillo de dos etapas), transportando material con un menor torque y reduciendo también la relación de transportación.

Resinas a procesarse

Existen cinco factores relacionados con las resinas que tienen una influencia significativa en el diseño del tornillo y de los materiales que deberán ser usados en su fabricación (aceros y recubrimientos).

1. Cristalinidad

El grado de cristalinidad de las resinas ayudan a determinar sus propiedades físicas las cuales son útiles en el diseño de las partes de plástico. Un factor de igual importancia en el proceso de plásticos es que el grado de cristalinidad también influye en cómo la resina cambia de sólido a fundido.

Las resinas de alta cristalinidad (opuesto a la resina amorfa) se resisten a la deformación (a derretirse) conforme aumenta la temperatura. Estas tienden a permanecer relativamente sólidas hasta que alcanzan el punto de fundición. En contraste a resinas amorfas, que no tienen un punto de fundición definido y se suavizan gradualmente hasta que alcanzan un estado líquido y fluyen (ver figura 2).

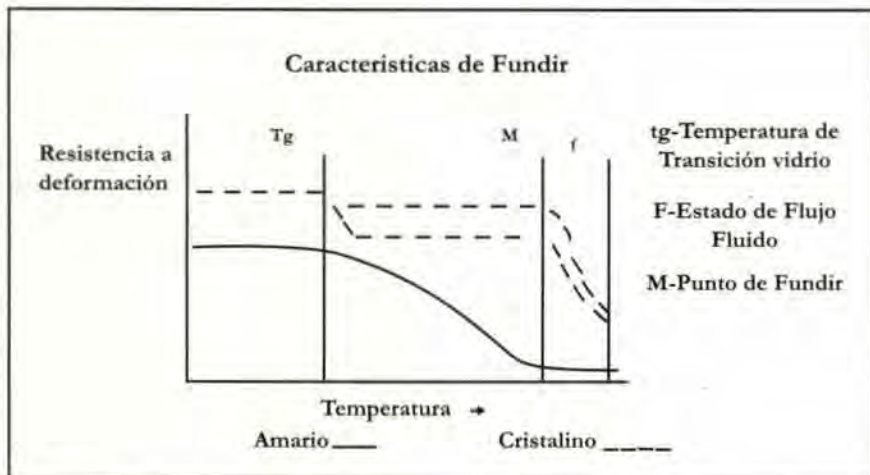


Figura 2. Características de resinas amargas vs. cristalinas

2. Conductividad térmica

Todos los plásticos son relativamente malos conductores de calor. Los materiales amorfos son especialmente sensibles (incapaces de absorber) a los incrementos de temperatura y tienden a degradarse o a quemarse (en lugar de derretirse pronto) cuando se exponen rápidamente a altas temperaturas. Los materiales cristalinos son más capaces de absorber rápidamente un calor más intenso y tienden a ser menos aptos a degradarse o quemarse.

3. Sensibilidad de corte

Como consecuencia de las dos características de fundición discutidas en el punto anterior, es más aparente el porqué los materiales amorfos son considerados ser sensitivos al corte. Un corte rápido da como consecuencia un incremento rápido en la temperatura de la resina que los materiales amorfos no toleran muy bien.

4. Viscosidad

La resistencia de un material fundido a fluir se llama viscosidad, y los

fabricantes de plásticos le denominan Melt Index (MI) o índice de fundición. Cuanto más alto sea el MI será menor la viscosidad y el plástico y fluirá más fácilmente. A menor MI, mayor viscosidad y el plástico fundido tendrá una mayor resistencia a fluir. Entre más alto sea el índice de fundición, la profundidad del canal necesita ser menor.

5. Aditivos

Materiales que son agregados a la resina incluyendo rellenos, colorantes, agentes espumantes, retardantes de flama, agentes de acoplamiento, y una variedad de materiales de refuerzo que le dan al plástico resultante la mayor parte de sus propiedades físicas. Los reforzadores incluyen fibras de vidrio, esferas de vidrio, carbonatos de calcio, cerámicas y polvos metálicos. Cada uno de estos elementos afectan el diseño del tornillo.

Efecto: El efecto de estos cinco factores en el diseño de un tornillo se puede generalizar de la siguiente manera:

- Por las diferencias en las características de fundición, la

conductividad térmica y la sensibilidad de corte entre la resina cristalina y la amorfa, generalmente la resina amorfa requiere un tornillo con canales más profundos, una zona de transición más larga y una relación de compresión menor. En contraste, la resina cristalina puede utilizar poca profundidad en los canales del tornillo, una zona de transición más corta y una relación de compresión mayor.

- Resinas con un proceso de mayor índice de fundición actúan más eficientemente con tornillos con poca profundidad de canales.
- Resinas con aditivos abrasivos o corrosivos requieren de tornillos hechos con aceros especiales o recubrimientos que sean más resistentes a estos aditivos, que el recubrimiento de cromo platino o superficies tratadas con nitrato (ver figura 3).

EL TORNILLO MEZCLADOR EAGLE™

Si la mezcla del color o la calidad de fundición son requerimientos críticos en la aplicación de un proceso, normalmente se requiere el uso de un tornillo con una buena sección de mezclado. Debe garantizar un buen mezclado del color y calidad de fundición, mejorar el tiempo de recuperación del tornillo, reducir la temperatura de fundición, el tiempo de los ciclos y expandir el "proceso de apertura".

SELECCIÓN DEL CILINDRO

Aunque la porción externa (coraza) de la mayoría de los cilindros es la serie de recubrimientos de acero 4100, típicamente 4140, 4130, 4340 o 4150, algunos cilindros están hechos de

acero nitrado (en donde el barril entero será nitrado). Sin considerar la capa exterior, existen varias alternativas para el recubrimiento, las cuales pueden agruparse en tres tipos: recubrimientos vaciados bimetalicos, herramientas de acero con aleaciones especiales, y nitradas. La elección de recubrimientos debe depender de acuerdo con la resina procesada para la vida del cilindro, como se describe a continuación.

1. Vaciado bimetalico



Figura 3. Tornillos especiales

La mayoría de los fabricantes de cilindros de vaciado bimetalico ofrecen más de un tipo de material para el recubrimiento, tales como los siguientes:

- **Recubrimiento estándar resistente a la abrasión**, el cual es adecuado para procesar la mayoría de las resinas que no están altamente reforzadas con aditivos abrasivos o no son resinas altamente corrosivas.

• **Recubrimientos resistentes a**

la corrosión, que son esencialmente los que tienen su base de aleaciones de níquel y predominantemente no contienen hierro.

- **Recubrimiento de primera calidad contra la abrasión y corrosión**, los cuales contienen cierta cantidad de tungsteno carburo dispersado en una matriz de níquel-cromo-boro. Algunos contienen otros carburos como el vanadio o el titanio para mejorar la resistencia al desgaste.

2. Herramientas de acero o recubrimientos de aleaciones

Existe un número limitado de fabricantes de cilindros capaces de recubrir el diámetro interior de una coraza nueva o usada, con herramientas de acero sólido o con mangas de aleaciones especiales. Un ejemplo de estos incluye:

- **Aceros para herramientas** tales como el D-2, CPM 10V, Vanadio 10 y CPMT440V. Además el CPM420V comúnmente se suma a estos como otra alternativa. Estas herramientas de acero muestran una resistencia notable contra la abrasión y algunos ofrecen una buena resistencia a la corrosión.
- **Recubrimientos de aleaciones especiales** son usados comúnmente cuando se trabaja bajo condiciones altamente corrosivas. En estos recubrimientos se incluye el níquel 718, el Hastelloy C-275, Monel K-500 entre otros. Estos materiales son especialmente buenos para usarse en procesos de fluoropolímeros.

PREVENCIÓN AL DESGASTE

Se puede prevenir un desgaste excesivo al seleccionar tornillos y cilindros fabricados con materiales que sean adecuados a la resina que se esté procesando. Sin embargo, existen otros pasos que pueden ayudar a prevenir el desgaste. Estos incluyen:

1. Uso correcto del perfil de calor

El perfil de calor para la transmisión de calor generado por las bandas de calor es uno de los factores más importantes, y uno de los menos comprendidos dentro de un proceso de plásticos. Por otra parte, el uso de un perfil de calor inadecuado, es la causa más simple y más común para que se desgasten los cilindros y los tornillos ¿Por qué? Por la tendencia natural de enfriamiento de las bandas de calor excesivo. Porque la mayoría de las condiciones de calor excesivo son causadas cuando hay demasiado calor en el corte, la mejor forma de reducirlo, es sencillamente aplicar una mayor, conducción de calor. Este incontrolado calor excesivo de corte es el que causa el desgaste más abrasivo, el bloqueo total de la fundición y las deflexiones, ocasionando que el tornillo roce contra la pared del cilindro, dando como resultado un desgaste adhesivo preocupante. El uso de una "joroba" o "inversión" del perfil de calor (en oposición a un perfil ascendente) ayudará a evitar la condición descrita anteriormente.

2. Evite la presión excesiva de retorno

La presión de retorno causada por los movimientos hidráulicos del tornillo inyector durante el período de reposición en un ciclo de inyección. Como resultado, el tornillo trabaja a la resina más arduamente e incrementa la temperatura de fundición del plásti-

co a través del incremento de corte. Si la presión de retorno es excesiva, el corte resultante puede causar un incremento en el desgaste del cilindro, el tornillo y/o la válvula. En un ambiente de proceso continuo, la presión de retorno no debe ser sustituida por un adecuado perfil de calor o un diseño correcto para el tornillo.

3. Diseño adecuado para el tornillo

Un repaso en las páginas anteriores le señalará que un tornillo con una zona de transición muy corta o una relación de compresión muy grande dará como resultado un corte excesivo, causando una degradación potencial en algunas resinas. Estas condiciones de corte excesivo pueden provocar desgaste prematuro tanto en el tornillo como en el cilindro, manifestándose en el corte inferior, en el tramo de la parte de enfrente de la carrera del tornillo y en desgaste del barril en la primera porción de la zona de transición.

4. Paro y arranque correctos

Los procedimientos de paro y arranque que permiten la "filtración" de la resina a temperaturas de operación durante un período prolongado, (más prolongado que el tiempo deseado para ese material) terminará causando daños por corrosión. Esto es particularmente cierto cuando algunas partículas de humedad penetran en el material. El apagar la máquina sin limpiar el plástico del cilindro y sin dejar el cilindro en posición adelantada, no solamente proporciona la corrosión, sino que también contribuye a un arranque en frío de los tornillos y las válvulas.

5. Eliminación adecuada de la humedad

Algunas resinas absorben humedad fácilmente, y estas deben secarse

completamente antes de ser procesadas. Entre éstas se incluyen: ABS, PMMA, FEP, PA, PBT, PC, PET, PPO, PVC, SAN, PSU y PEI. Si se permite que ésta humedad permanezca en el material, al trabajar en las temperaturas de operación, ésta se puede unir a otros elementos en la resina y producir corrosivos. Estos corrosivos comúnmente toman la forma de ácidos, tales como hidrociorídrico, fórmico, sulfúrico, hidrosulfúrico y muchos otros.

6. Evite el tiempo de residencia excesivo

Si el tiempo de inyección es muy pequeño en relación con la capacidad inyectora de la máquina, puede ocurrir un tiempo de residencia más prolongado. Un sobrelavado de la resina a altas temperaturas puede acrecentar la corrosión en muchos tipos de resinas.

7. Programa de mantenimiento preventivo

Si no se efectúa un programa de inspección periódica en el cilindro, el tornillo y la válvula, un desgaste mínimo se puede convertir en una condición de desgaste bastante seria en el tornillo, el cilindro o la válvula, sin posibilidades de poder ser reparados. Por lo que, junto con un programa preventivo normal propio de la máquina, el resto de los componentes de la unidad de inyección no deben descuidarse tampoco.

Tomado de:
Westland Corporation. -- Manual de Cilindros y Tornillos

