

PRUEBAS DE DESGASTE PARA PROCESAMIENTO DE PLÁSTICOS

Traducido Por: HUGO IVAN ORTIZ

La zona de traslado de un sistema de cilindro / tornillo es usado como la base de un modelo de los aspectos tribológicos del procesamiento de plásticos en las instalaciones corrientes de extrusión y las máquinas de moldeo por inyección de tornillo.

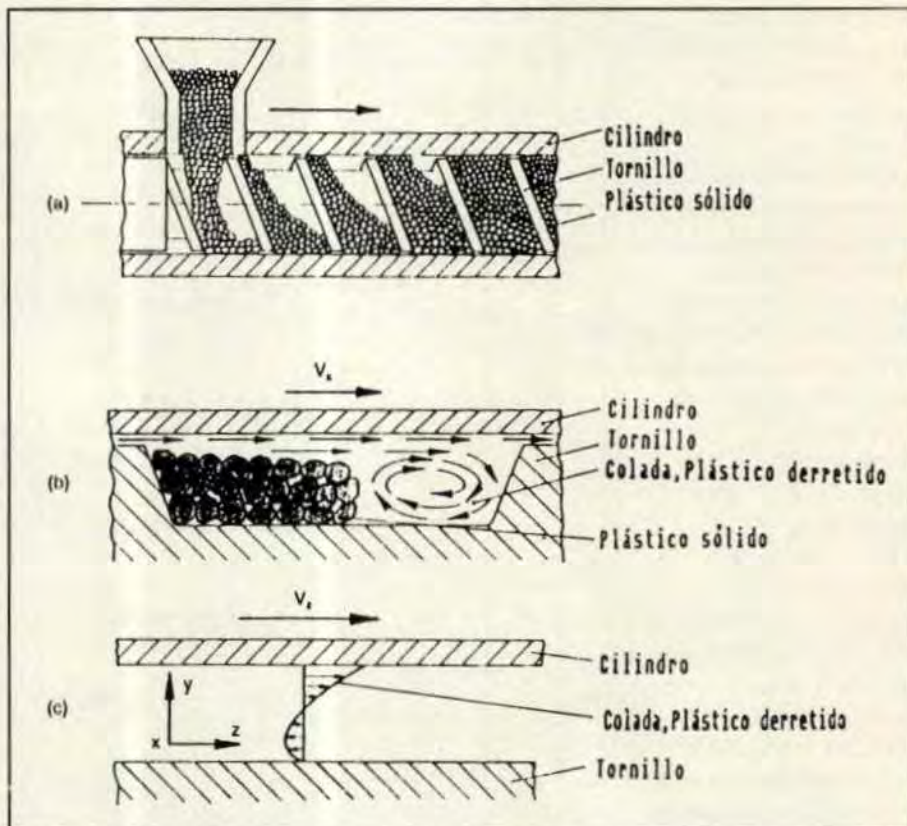
Diferentes mecanismos de desgaste son observados en el procesamiento de plásticos. En vista de la compleja naturaleza del sistema tribológico, el desgaste puede ser estudiado sistemáticamente sólo usando modelos que deben ser desarrollados en tal forma que coincidan directamente con los procesos prácticos. Usando el ejemplo de la zona de traslado de un sistema cilindro / tornillo, este artículo discute la confiabilidad de los resultados que se pueden obtener.

Los procesos primarios para la manufactura de artículos plásticos tienen en común que la materia prima es llevada en el proceso en estado sólido. Esta debe ser convertida luego en una colada. Debido a la alta viscosidad de este material derretido, se requiere de altas presiones hidrostáticas para el conformado. La colada debe ser reconvertida al estado sólido, por enfriamiento (termoplásticos) o por entrecruzamiento (termoestables).

Durante el proceso toman lugar dos etapas de transición. Existen situaciones tribológicas muy diferentes en el recorrido del material, las cuales traen como resultado diferentes mecanismos de desgaste.

SISTEMA TRIBOLOGICO

Una buena cantidad de los materiales plásticos crudos es procesado por unidades de extrusión y



Situaciones tribo-reológicas en un sistema cilindro/tornillo
a) Zona de traslado, b) Zona de transición, c) Zona de medición

FIG. 1

máquinas de moldeo de inyección de tornillo donde el transporte de masa toma lugar en el canal de un sistema cilindro / tornillo.

La materia prima procesada por otra clase de equipos, también fluye a través de sistemas de husillo simple, doble o múltiple cuando están siendo compuestos.

Se puede asumir que la mayoría de los polímeros (especialmente termoplásticos) han pasado a través de un sistema cilindro / tornillo, al menos una vez, por esto, tal sistema ha sido seleccionado para investigar las complejas situaciones tribológicas creadas por condiciones heterogéneas de procesamiento. El sistema cilindro / tornillo es también el sistema más importante en términos de desgaste durante el procesamiento.

Las materias primas granuladas o pulverizadas entran en proceso generalmente por medio de una tolva. esto frecuentemente crea un sistema de transporte tipo Arquímedes, como se muestra en la figura 1. En cuanto toma lugar la compactación, la naturaleza del transporte de masa se convierte en un sistema controlado por la fricción.

Debido al calentamiento exterior y la conversión de la energía mecánica en calor, se crea en la superficie del cilindro una película de material fundido. A medida que esta película aumenta su espesor, es fragmentada y acumulada en una cantidad que finalmente llena la sección horizontal (figura 1b) al final de la zona de transición. La colada cruda debe ser homogenizada en la zona de medición y debe originarse mayor presión para vencer la resistencia reológica de la siguiente matriz. En caso de adherencia de material en la superficie, rozamiento del flujo y flujo de presión, combínelos en un perfil de velocidad, mostrado en la figura 1c, junto con el movimiento de la

colada ortogonal al flujo, tiene como resultado un flujo de "hélice" que es importante para la homogenización, y por ende para la calidad final del material fundido.

El desgaste en la zona de traslado ocurre tan pronto como los rellenos son presionados contra las superficies metálicas. Esta se aplica para una mezcla seca de pigmentos y gránulos o, en caso de una mezcla madre. Después que la primera capa del

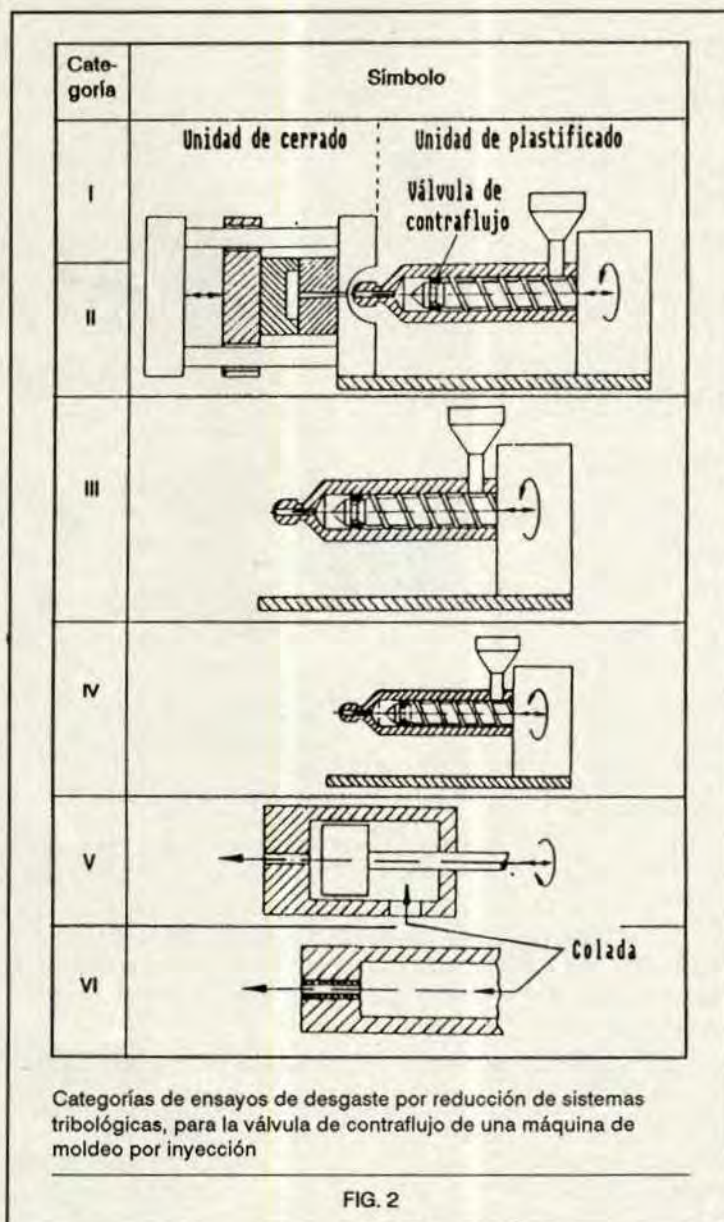
polímero ha sido fundida, descubriendo los bordes de corte de las partículas de relleno, las partículas sostenidas por la matriz aún sólidas son capaces de transmitir grandes fuerzas a la superficie metálica. Con

el incremento en el espesor de la película de la colada, y el consiguiente movimiento de las partículas, el desgaste puede disminuir, sin embargo, tanto como es posible transmitir fuerzas por medio de la colada altamente viscosa sobre las partículas, es posible una acción erosiva sobre la superficie metálica. Un incremento drástico en el desgaste puede observarse cuando el tamaño de las partículas rellenas está en una correlación crítica con las dimensiones de la sección horizontal del canal de flujo, como en el caso de espacio muerto entre el cordón del tornillo y el cilindro.

Aquí las partículas duras pueden estar simultáneamente tocando las dos superficies. La acción de la microherramienta (cortando tanto como la deformación plástica) no depende mucho de la viscosidad de la frágil colada.

Puede también haber desgaste

adhesivo donde quiera que la superficie metálica haga contacto directo. Dependiendo de la composición química de la materia prima, la corrosión puede situarse en partes de altas temperaturas de la máquina. La corrosión por si misma es por lo general relativamente pequeña o aún insignificante. Sin embargo, se ha mostrado que en adición a la abrasión puede jugar un papel sinérgico, por lo tanto incrementa el desgaste total considerablemente.



CATEGORIAS DE PRUEBAS DE DESGASTE

Dos preguntas vitales con respecto a las pruebas de desgaste son: el grado al cual tales pruebas coinciden con la situación actual y, a cuál grado permiten estudios fundamentales de los mecanismos básicos de desgaste a costos aceptables.

Usualmente esos dos aspectos son contraproducentes. Se debe asumir un compromiso significativo para hacerlo, se tendrá que aplicar una alteración en las categorías en la forma sugerida por la norma alemana DIN 50322:

- CATEGORÍA I:** Ensayo en instalaciones de operación regular.
- CATEGORÍA II:** Prueba de la planta o máquina completa en un banco de prueba.
- CATEGORÍA III:** Prueba de una unidad o subensamble en un banco de prueba.
- CATEGORÍA IV:** Ensayo de un componente inalterado o una unidad reducida a escala.
- CATEGORÍA V:** Ensayo análogo de tensiones en muestras.
- CATEGORÍA VI:** Ensayo modelo de ejemplares simples.

En la figura 2, esas categorías son aplicadas al ejemplo de una unidad de plastificación de una máquina de moldeo por inyección, particularmente en la válvula de contraflujo.

Ensayos prácticos (categoría I) tienen la ventaja de que no necesitan ser dadas las explicaciones de cómo los resultados corresponden a la situación práctica. Sin embargo, debido a los frecuentes cambios de moldes, cambio de materias primas y condiciones de procesamiento, los resultados no pueden ser redactados en forma reproducible, y no será posible un estudio a fondo de las variaciones de las condiciones de procesamiento.

Las desventajas son un poco evitadas cuando opera la máquina completa en el laboratorio, (categoría II), sin embargo, no se puede pasar por alto que este es también un paso avanzado de la situación actual. En cualquier caso los costos de ensayos de desgaste serán aún muy altos. Una reducción de costos se puede obtener cuando se opera sólo la unidad de plastificación reemplazando el molde por una matriz simple de una resistencia reológica igual, omitiéndose así la unidad de fijación completa (categoría III).

Aunque la situación reológica en la válvula de contraflujo es aún la misma, los resultados pueden ser influenciados, por ejemplo, las vibraciones perdidas de la unidad de fijación o el flujo de calor.

Una reducción mayor de costos se puede lograr trasladándose a una unidad convertida a escala de laboratorio (categoría IV). Sin embargo se puede comprobar que este es un paso crucial lejano a la situación práctica por que el modelado a escala mayor no está realmente desarrollado, entonces no será posible reproducir las mismas situaciones tribológicas en unidades de diferente tamaño. Además, los mecanismos de desgaste pueden cambiar o pueden aparecer nuevos mecanismos de desgaste, debido a una desfavorable correlación del tamaño del gránulo / partícula y los espacios muertos internos del aparato o de diferentes intensidades de conversión de energía.

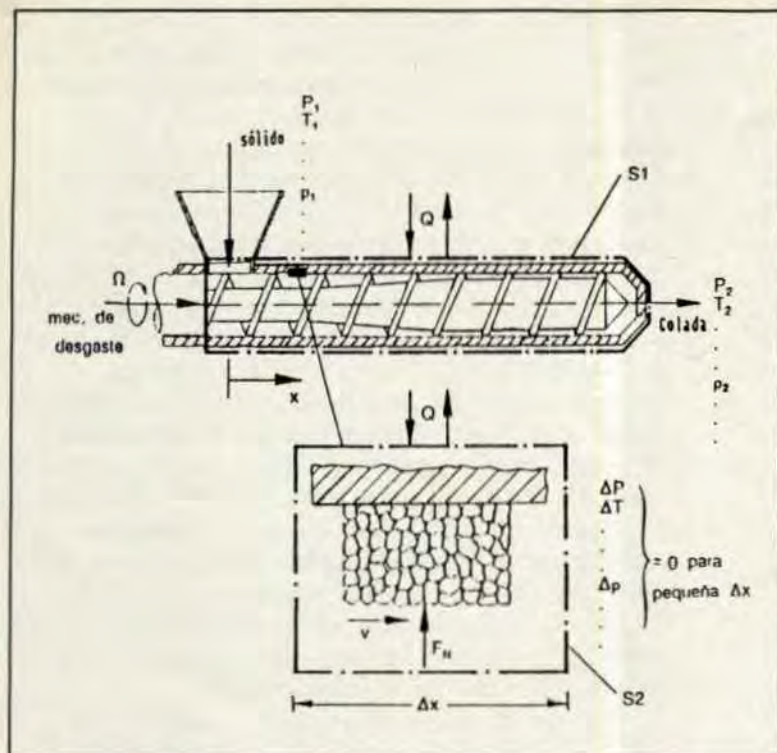
Además, aún no sería posible distinguir entre diferentes mecanismos básicos de desgaste. Para hacerlo, el componente a probar, tiene que ser sacado y llevado en un medio artificial de tensiones reotribológicas similares (categoría V).

Hay aún un movimiento relativo de superficies metal - metal en presencia de un polímero fundido. La ventaja principal es que ahora los resultados pueden ser redactados para una triplete de valores físicos bien conocidos de temperatura, velocidad y presión con respecto a una fuerza normal. Aún, los costos para el ejemplar de prueba en el modelado de un aro son comparativamente altos; por ende, el anillo podría también ser convertido en una situación de flujo rectangular, desechando la posible influencia de una superficie curva. La última simplificación será crear la velocidad relativa entre la superficie y la colada, bombeándola a través de una matriz de prueba (inmóvil) creada por los ejemplares de prueba (categoría VI).

Es obvio que cada reducción del sistema tribológico reduce correspondientemente la confiabilidad con la cual los resultados de la prueba pueden referirse a otros casos de desgaste, particularmente en el caso de pruebas aceleradas. No obstante, si esta es la única forma de realizar estudios fundamentales de desgaste, es aconsejable correlacionar cada nivel con una cadena de pruebas de desgaste superiores a la categoría I.

SISTEMA MODELO DE CILINDRO / TORNILLO

Aplicando esos principios a un sistema cilindro / tornillo es obvio que debido a la variedad de mecanismos de desgaste en la máquina, sería imposible usar la máquina completa (como muestra el



Determinación de límites para el estudio del desgaste en un sistema cilindro/tornillo

FIG. 3

sistema S1 en la figura 3) como un aparato de prueba para investigaciones básicas. Es más apropiado escoger los límites del sistema tribológico de forma que contenga una pequeña área de superficie metálica junto al correspondiente elemento de material crudo, como lo muestra S2 en la figura 3. Ahora es posible desechar los cambios de valores de operación y propiedades del material crudo y relatar el desgaste observado a un juego de valores de naturaleza física. Esta es la única forma de realizar estudios fundamentales de los diferentes mecanismos de desgaste y de llegar a conclusiones independientes de aparatos y métodos.

Las diferentes situaciones pueden ser estudiadas trasladando el sistema S2 sobre el eje de la máquina o del canal del tornillo. Tal subsistema debe ser la base para el desarrollo de pruebas modelo.

APARATOS DE PRUEBA

Debido al desarrollo histórico del desgaste en el procesamiento de plásticos, las primeras pruebas modelo fueron creadas para materias primas rellenas plastificadas. Al mismo tiempo, un número de sugerencias se hicieron sobre pruebas modelo para el

estudio de la corrosión. Más tarde, con la introducción de secciones ranuradas, el desgaste creado por el material crudo aún sólido, llegó a ser un problema. Además, cuando se introduce el LLDPE, aparece el desgaste adhesivo (para este caso, queda un número reducido de sugerencias sobre pruebas modelo).

Uno de los mayores ensayos modelo desarrollados en el Instituto Alemán del Plástico, el disco universal para pruebas de desgaste y fricción, para materias primas no fundidas, puede ser usado para ilustrar los principios de simulación de desgaste en ambientes de laboratorio. Los principales requerimientos fueron:

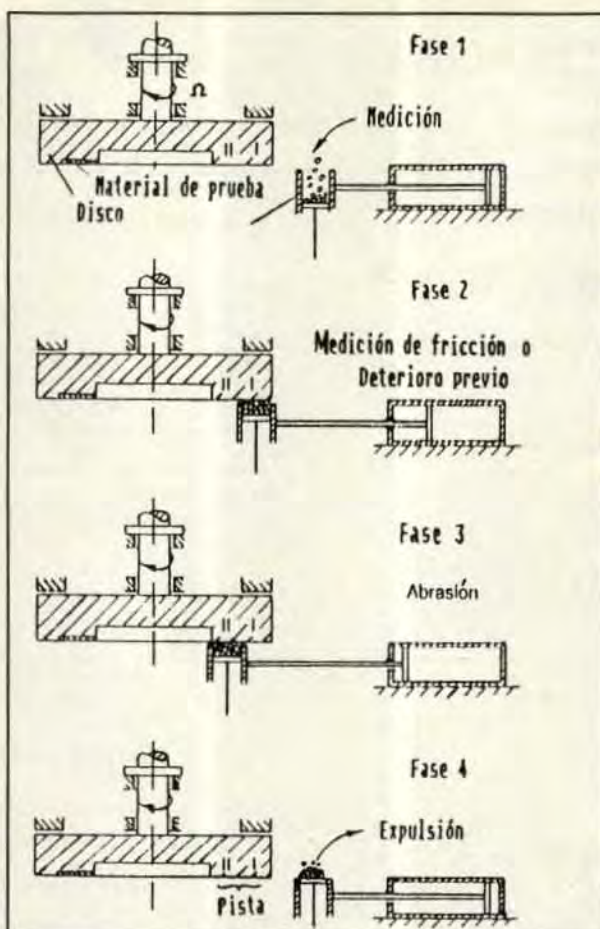
- Crear un movimiento deslizante de materia prima no derretida, bien sea granulada o en polvo, sobre la superficie a ser desgastada, permitiendo la variación de velocidad, temperatura y fuerzas normales (presión hidrostática).
- Seleccionar el tamaño del área tocada por la muestra de materia prima, de tal forma que la prueba no reciba influencia de la posición estática del grano.
- Simular la situación a distancias variables de la tolva, ie, variando la intensidad de pretensionado de la superficie de la materia prima compacta en contacto previo con el medio metálico.

Además, el modelo de aparato de prueba debe ser económico con respecto al consumo de materia prima, tanto como los costos del metal de prueba, tiempo de manejo, y su misma prueba de desgaste.

El resultado es una instalación experimental basada en el principio del disco con soporte de eje, como se muestra en la figura 4, la materia prima que va a ser probada es introducida en un cilindro. El diámetro de 18mm del cilindro asegura que una cantidad suficiente de gránulos (de tamaño normal) entrará en contacto con la superficie metálica, i.e., y una distribución al azar del grano. La muestra del material es presionada contra un disco colgante giratorio que contiene la superficie del metal de prueba que va a ser desgastado. Si es necesario averiar previamente la superficie de la materia prima, la muestra debe ser presionada contra la pista N° 1 antes de ser trasladada a la pista N° 2 para la acción abrasiva sobre el metal de prueba. De acuerdo con la situación dentro de un sistema cilindro / tornillo donde un determinado elemento de la superficie es tocado

solamente una vez por un correspondiente elemento del material crudo, la muestra es cambiada después de cada ciclo. Los valores máximos posibles son una velocidad de 1.4 mts por segundo, temperaturas superiores a 180 grados C., y fuerzas normales de 50 Kilonewtons, equivalente a una presión hidrostática de 200 megas pascles (aproximadamente 30.000 psi). las muestras de metal de prueba son planas y rectangulares, permitiéndoles ser fácilmente maquinados y proporcionando buena potencia para la aplicación de un tratamiento superficial en el recubrimiento.

Variando las condiciones de prueba es posible simular todas las situaciones tribológicas en la zona de traslado y parte de la zona de transición de un sistema cilindro / tornillo. Para condiciones constantes de prueba, se puede obtener una comparación de resistencia de materiales al desgaste o intensidad de desgaste de plásticos. Los resultados



Instrumento modelo de prueba para estudio del desgaste de plásticos sólidos durante el procesado

FIG. 4

típicos son mostrados en la figura 5 para diferentes metales de alta calidad y un abrasivo plástico que es un policarbonato que contiene un 30% de cuarzo. La tasa de desgaste es mostrada después de eliminar el desgaste inicial que depende principalmente del maquinado de las superficies de los modelos de prueba.

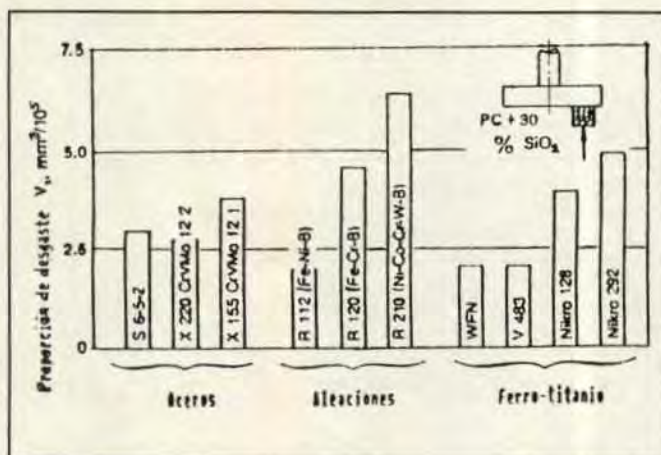
Se probó en muchos casos que la relación de proporción encontrada en las pruebas modelo (aunque ellas pueden pertenecer a categorías V / VI, como en el caso del disco tribómetro universal presentado) coincide con observaciones prácticas, a veces hasta el punto de que una diferencia en la resistencia al desgaste en pruebas de laboratorio corresponden cuantitativamente a una diferencia en la vida útil de partes de máquinas. Sin embargo, los ensayos modelo también mostraron

muy claramente que los descubrimientos sólo pueden ser aplicados a situaciones tribológicas idénticas. El cambio de materia prima y/o condiciones de procesamiento conducirá invariablemente a diferentes proporciones de intensidad de desgaste o resistencia al desgaste. Lo mismo es válido para un cambio de mecanismos de desgaste, como se muestra en el caso de transición desde la zona de traslado (plástico sólido) hasta la zona de medición (material fundido) conduciendo a diferentes secuencias de fabricación de metales, de este modo la elección del material para un cilindro extrusor, por ejemplo, debe ser siempre un compromiso entre los requerimientos para las diferentes zonas.

**** TRIBOLOGIA:** Técnica que estudia el rozamiento entre los cuerpos sólidos, con el fin de producir mejor deslizamiento y menor desgaste.

BIBLIOGRAFIA

REVISTA MECHANICAL ENGINEERING, Pittsfield, MA, 113 (5): 70 - 73, may, 1991.



Proporción de desgaste de diferentes metales y cerámicas medidos con el disco tribómetro universal

FIG. 5