

PARAMETROS IMPORTANTES EN EL PROCESO DE EXTRUSION : SU MEDICION Y SIGNIFICADO PARA LA CALIDAD DEL PRODUCTO

Por: Dipl-Ing. Hans Peter Scheuermann
Experto Proyecto de Metrología
Bogotá, D.E.

El conocimiento exacto de los datos de operación de una máquina extrusora hoy en día es definitivamente necesario, porque sin este conocimiento es casi imposible, juzgar la calidad del producto y mantener una operación eficaz y económica. Los altos rendimientos de las extrusoras que se exigen ahora conducen a tolerancias muy pequeñas para la operación y el ajuste de la máquina; solamente dentro de estas tolerancias pequeñas, la calidad del producto corresponde a las altas exigencias de las normas y finalmente del cliente o consumidor. Sin conocimiento de las influencias de los Parámetros del proceso respecto a la calidad del producto ya no es posible obtener una producción eficaz y económica. Por otro lado vigilar estos parámetros del proceso sistemáticamente y registrarlos permite mantener y reproducir los puntos de operación que garantizan la calidad del producto. De esta manera, se asegura la calidad por parte de la producción.

Combinando los parámetros de operación medidos con los correspondientes datos característicos de las máquinas, se puede predecir la potencia y sus límites para extrusoras y se puede obtener un dimensionamiento óptimo para extrusora, tornillo y molde. La medición exacta de los parámetros importantes de operación y de la máquina

misma sirve así a las empresas constructoras de maquinaria respecto a diseño, dimensionamiento y desarrollo de nuevos tipos.

Hay que decir claramente que, en el campo de las extrusoras, no fueron ni el computador ni el cálculo teórico, los que suministran los datos básicos para el dimensionamiento y diseño de las máquinas, sino una evaluación de los valores medidos en la práctica. El cálculo teórico apenas pudo confirmar posteriormente y optimizar, dentro de ciertos límites, los conocimientos adquiridos en los ensayos.

De lo anterior resulta claramente la importancia y necesidad de mediciones exactas en el proceso de la extrusión. Mediciones exactas, sin embargo, se pueden lograr solamente con instrumentos confiables y calibrados.

En lo siguiente quiero indicar, cuáles son los parámetros que se pueden medir en el proceso de extrusión, cómo se pueden medir y qué significa su conocimiento para la calidad del producto.

Los parámetros se pueden clasificar en 4 grupos :

- 1) Parámetros de la extrusora
- 2) Parámetros de elaboración de la materia prima
- 3) Parámetros derivados
- 4) Parámetros del producto.

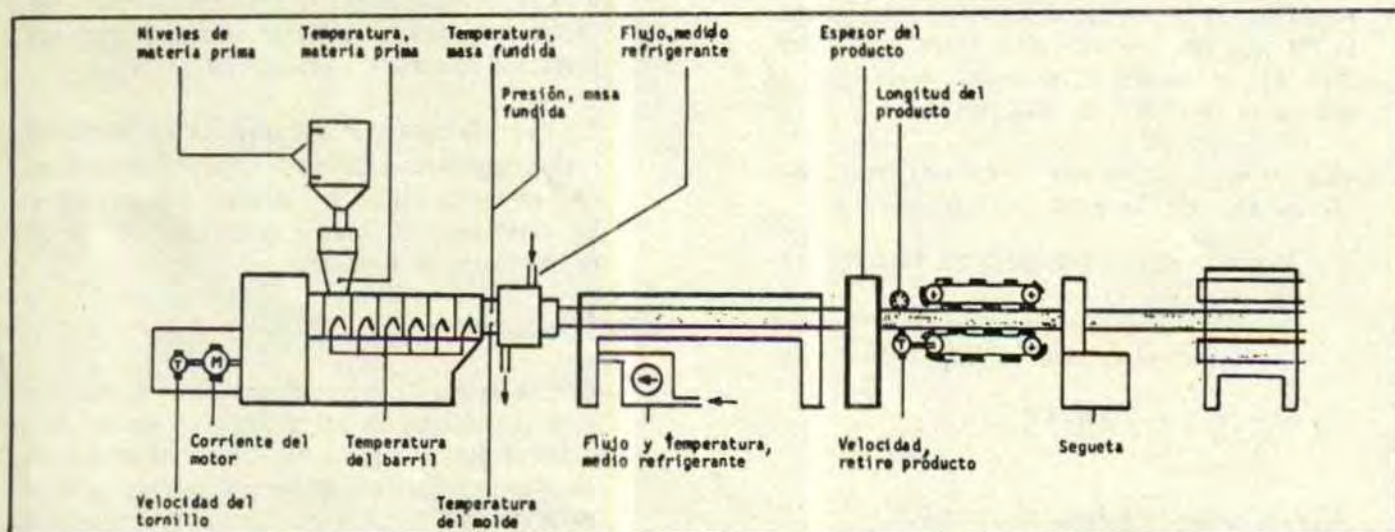


Figura 1) Parámetros medidos en el proceso de extrusión.



766702013547

1) PARAMETROS DE LA EXTRUSORA

1.1) Velocidad del tornillo y cizallamiento.

La velocidad del tornillo es uno de los más importantes parámetros de operación, porque la calidad del producto y también el estado del material fundido dependen de ella. Desafortunadamente, en la mayoría de los casos no se pone mucho cuidado en obtener una indicación de velocidad fácilmente legible y calibrada. Y a pequeñas diferencias de la velocidad que no se consideran en el ajuste de la máquina o las que resultan de cambios de carga, especialmente en extrusoras grandes, producen variaciones en la cantidad y en las dimensiones del producto.

Ejemplo : Extrusora con tornillo 200 mm
Velocidad nominal 31 revoluciones/min
Velocidad real 32,6 revoluciones/min
 $Q = 15,5 \text{ kg/hora/revolución}$

Rendimiento nominal $Q_N = 480,5 \text{ kg/h}$

Rendimiento real $Q = 505,3 \text{ kg/h}$

$Q = 24,8 \text{ Kg/h} + 5,16\%$

Esta diferencia de velocidad de aproximadamente 5%, por lo general no se puede apreciar en indicadores de velocidad común y corrientes. En la producción de tubos, esta diferencia casi siempre se traduce en variaciones dimensionales, y en algunos casos, en otras características de fundición.

En el peor de los casos, el tubo es desechado, porque no cumple con las dimensiones requeridas. En un caso más favorable se utilizan cada hora 24,8 kg de materia prima demás, hasta que se detecte la diferencia de velocidad.

Otro parámetro que depende directamente de la velocidad del tornillo es el cizallamiento $\dot{\gamma}$:

$\dot{\gamma}$ = Velocidad de circunferencia del diámetro int. del tornillo

profundidad del canal del tornillo

$$\dot{\gamma} = \frac{(D - 2t) \cdot n}{t} \cdot \pi [s^{-1}]$$

$D [cm]$ = diámetro externo del tornillo

$t [cm]$ = profundidad del canal del tornillo

$n [rev/min]$ = velocidad del tornillo

Es un parámetro importante, porque define el estado de la materia prima fundida. Dependiendo de la clase de la materia prima no se pueden exceder ciertos valores para $\dot{\gamma}$.

Los valores máximos admitidos para extrusoras grandes (150-200 mm diámetro del tornillo) están hasta un 33% por debajo de los valores para extrusoras pequeñas (60-90 mm diámetro del tornillo), debido a que el material permanece dentro de la extrusora por más tiempo.

Ejemplo : para tubo de polietileno de alta densidad (HDPE):

a) Extrusora con tornillo de 90 mm de diámetro $\dot{\gamma}_{\text{max}} \approx 76,5 \text{ s}^{-1}$

b) Extrusora con tornillo de 200 mm diámetro $\dot{\gamma}_{\text{max}} \approx 52 \text{ s}^{-1}$

La medición de la velocidad se efectúa a través de tacogeneradores. Estos generan una tensión proporcional a la velocidad del tornillo. El voltaje generado se mide con voltímetros, análogos o digitales, los cuales están directamente calibrados en revoluciones/minuto. Una indicación digital de la velocidad tiene una resolución más grande que un instrumento análogo y por lo tanto se podía creer que es más exacto. Sin embargo, el elemento más crítico en esta medición es el tacogenerador. La precisión de la medición depende principalmente de la calidad del tacogenerador.

Especialmente en extrusoras con motores de corriente continua regulados, la velocidad es altamente constante, para economizar se utilizan a veces tacogeneradores de inferior calidad, los cuales no permiten medir la velocidad con una precisión adecuada a la regulación del motor.

En caso de necesitar una medición de velocidad extremadamente precisa, se utilizan dispositivos que emiten un número de impulsos proporcional a la velocidad, el cual se registra e indica en contadores de frecuencia.

1.2) Dosificación

En caso de que la extrusora tenga un dispositivo para la dosificación del material (o sea un tornillo de dosificación o una tolva), el estado de la materia prima fundida depende únicamente de la velocidad del tornillo principal. El rendimiento (kg/h) depende de la graduación del dispositivo de dosificación. Las tolvas (que se usan princi-

palmente para materiales recuperados) son menos frecuentes que tornillos de dosificación que se usan mucho en extrusoras de doble tornillo. Para este tornillo de dosificación rigen los mismos principios respecto a ajustes bien reproducibles e indicación exacta de la velocidad como en el punto anterior.

Es aconsejable establecer para las diferentes materias primas utilizadas la función $Q = f(n)$, o sea que el rendimiento medido en kg/hora corresponda a cada velocidad.

1.3) Temperatura del barril (tubo de extrusión)

Para un acondicionamiento óptimo del material fundido es de todas maneras necesario mantener un determinado perfil de temperatura a lo largo del barril. Esto se logra mediante calefacción con base en resistencias eléctricas y refrigeración con sistema de circulación de aire o agua. Por lo general controladores "on-off" con un punto de conmutación separado para calefacción y refrigeración son suficientes. Sin embargo, es ventajoso separar los ajustes en el controlador para calefacción y refrigeración.

Cuando los sistemas de calefacción y refrigeración son correctamente dimensionados y los sensores de temperatura se montaron en el centro térmico de la zona correspondiente del barril, es de suma importancia que ellos midan la temperatura lo más cerca posible de la canal del tornillo sin estar demasiado cerca de la fuente de calefacción. Para un ajuste exacto de la temperatura nominal son especialmente aptos controladores con elementos digitales. Controladores más antiguos con ajustes análogos, muchas veces dan lugar a errores por varios grados en el ajuste del valor nominal.

La calidad del producto varía altamente con la temperatura de la masa fundida y de la pared del barril. Por eso el registro continuo de las temperaturas en las zonas del barril y en el molde es un instrumento importante para detectar irregularidades en la operación y asegurar la calidad del producto.

Para una extrusión óptima se deben permitir solamente variaciones de ± 1 hasta ± 6 grados C en la temperatura de la pared del barril.

Miremos ahora, cuales variaciones, o errores, pueden ocurrir en la práctica al medir la temperatura (ver tabla 1):

Tabla 1

Estimativo de posibles errores y ajustes en la medición de temperatura.

	TERMOCUPLA	TERMORESISTENCIA
Elementos de medición	0... 3 C	0... 2,4 C
Puntos de referencia	0... 1 C	-
Ajuste de la línea	-	0... 1 C
Ajustes en el valor nominal del controlador	0... 4 C	0... 4 C
Error restante :		
Controlador PD	0... 10 C	0... 10 C
Controlador DPID	0... 0,5 C	0... 0,5 C
Error total :		
Con controlador PD	0... 18 C	0... 17,4 C
Con controlador DPID	0... 8,5 C	0... 7,9 C
más diferencia de temperatura entre :		
Material-barril-punto de medición	2 C... 20 C	3 C... 25 C
Suma de la posible diferencia entre valor nominal de temperatura y temperatura del material:		
Controlador PD	2... 38 C	3... 42,4 C
Controlador DPID	2... 28,5 C	3... 32,9 C

Los datos de esta tabla se basan en controladores con un margen de 0...400 C.

Se puede apreciar en la tabla 1 que la diferencia entre la temperatura nominal y la real en el peor caso puede ser de 30 grados C a 40 grados C. Esto a primera vista es mucho más de lo que se permite para una extrusión óptima, donde solamente está admitida una variación de 1 a 6 grados C.

Pero con la instrumentación disponible no es posible, a un costo razonable, mejorar hasta tal punto la precisión de la medición.

Afortunadamente, muchos de los errores antes mencionados son bien reproducibles, quiere decir, son constantes durante largos periodos de tiempo, en condiciones iguales de operación y con un ajuste del controlador, una vez que se haya obtenido y comprobado, que garantice buena calidad, se puede usar y reproducir al repetir la misma operación.

Lo anterior sólo es válido, cuando los instrumentos y sensores están en buen estado; de ahí resulta la necesidad de revisar las instalaciones, y calibrar los indicadores y controladores.

Ante todo es muy importante la revisión periódica de los termo-sensores. En los orificios, donde están montados, con el tiempo se forma óxido y se depositan residuos de materia prima e impurezas, lo cual disminuye la transferencia de calor entre la pared del barril y el sensor. Por eso es recomendable limpiar estos orificios especialmente después de cambios de moldes o de las camisas de calefacción y de comprobar que los sensores estén en buen contacto mecánico con el fondo de la perforación. Se puede mejorar aún más la transferencia de calor aplicando a los sensores pasta especial de silicona termo-resistente.

Si no se observan estas reglas, fácilmente pueden ocurrir errores de medición hasta de 30 grados C.

Así mismo los sensores pueden alterar con el tiempo sus características de medición y generar menos milivoltios de los que deben generar según las tablas. Por esta razón se recomienda también una calibración periódica tanto de estos elementos como de los indicadores y controladores.

1.4) Temperatura del tornillo

Mientras que la medición de la temperatura a lo largo del barril es un instrumento necesario para la operación de extrusoras, la medición de la temperatura a lo largo del tornillo se usa más a nivel de laboratorio, con el fin de encontrar el diseño óptimo para los tornillos.

En tornillos que se mantienen a determinada temperatura mediante un circuito de refrigeración externo, se mide la temperatura indirectamente, por medio de las temperaturas de entrada y salida del caudal del líquido refrigerante.

En tornillos que no se refrigeran con circuito externo se puede medir la temperatura mediante termoelementos distribuidos a lo largo del tornillo.

Existen dos formas de captar las señales del tornillo en rotación :

- 1) mediante anillos rozantes,
- 2) introduciendo un tubo delgado con termoelementos al centro del tornillo. Este tubo no gira y permite así una transmisión más fácil de las señales.

1.5) Temperatura del molde

El control exacto de la temperatura del molde es de extrema importancia para un flujo uniforme de

la materia prima y para una superficie óptima del producto terminado. Como el calor que se produce en el molde, por lo general es menor que el calor que se pierde por disipación, solamente se necesitan controladores con un punto de conmutación para calefacción.

En moldes con aperturas anchas, para la producción de películas y tubos grandes, se montan varias camisas de calefacción. Para garantizar un flujo uniforme del material, la diferencia térmica entre dos zonas adyacentes debe ser menor que 1,5 grados C. Para lograr esto, se necesita óptima calidad de los elementos en el circuito de control de temperatura. Como el núcleo de moldes para cuerpos huecos (tubos por ejemplo), no puede disipar calor, este adquiere la temperatura del material fundido. Para que estos núcleos alcancen su temperatura en un mínimo hay que calentarlos adicionalmente, al comienzo del proceso.

1.6) Potencia del accionamiento

La potencia requerida por la extrusora para un punto determinado de operación es un parámetro característico para la carga del accionamiento.

Además puede deducirse de este parámetro información sobre :

- a) esfuerzo de la materia prima,
- b) aptitud de la materia prima,
- c) aptitud del tornillo usado,
- d) constancia de la extrusión.

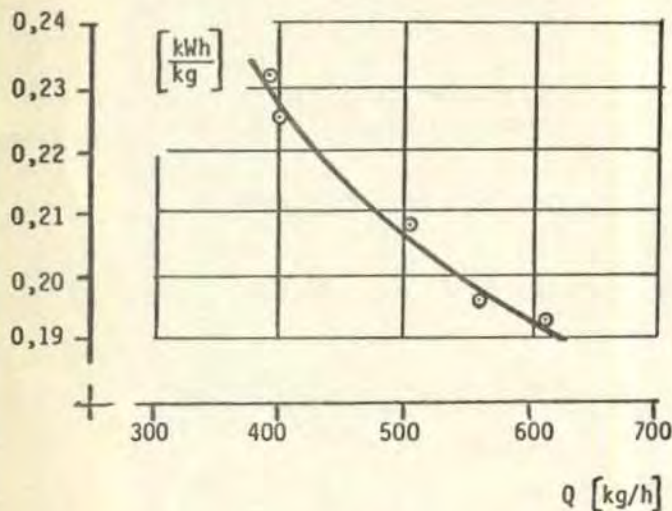
Especialmente para comparaciones de consumo de energía y de productividad se trabaja con el valor N_w/Q (consumo específico), quiere decir el cociente de la potencia activa sobre el rendimiento, expresado en kWh/kg. Este cociente usando HDPE y PP, debería estar por debajo de 0.25 kWh/kg, usando PVC debería estar por debajo de 0.15 kWh/kg. Desafortunadamente casi no existen datos publicados sobre estos valores. Los Datos de un ensayo realizado en una fábrica alemana, suministrados por la Asociación para Tubería Plástica, con sede en Bonn (Alemania), son los siguientes :

Extrusora con una potencia de accionamiento de 21 kW.

Diámetro del tornillo : $D = 125 \text{ mm}$
(Diagrama, ver figura 2).

No hay indicaciones sobre el material utilizado en este ensayo, pero se puede suponer que se

trata de HDPE o PP, ya que todos los valores están por encima de 0.15 kWh/kg, en la gráfica puede observarse claramente que, con el aumento de la producción, el consumo específico se reduce, o sea que la producción es más eficiente.



En caso de que el consumo específico sea demasiado alto, hay que usar un tornillo que produzca menos pérdidas por cizallamiento. También se puede bajar el consumo específico, reduciendo la resistencia del molde, o la velocidad, usando materia prima menos viscosa. Golpeo en el transporte del material y variaciones en la temperatura del barril también alteran la potencia inducida al proceso.

De todo lo anterior resulta la gran importancia de la medición y el registro de la potencia para analizar y optimizar la operación.

Ahora, cómo y con qué instrumentos se puede medir la potencia?

Primero tenemos que distinguir dos casos, que requieren dos métodos diferentes de medición:

- 1) la potencia total suministrada a un motor.
- 2) La potencia transferida al eje del motor.

Estas dos potencias se diferencian por el factor de eficiencia, el cual es distinto para cada punto de carga.

Al productor de plásticos solamente le interesa la potencia total consumida, mientras el constructor y diseñador de la máquina está inte-

resado en la potencia transferida al eje del motor.

Además tenemos que distinguir dos tipos de motores que se usan normalmente en extrusoras:

1. El motor de conmutación en derivación de corriente alterna trifásica.

A estos motores se les puede variar la velocidad mediante desplazamiento manual o automático de las escobillas.

2. El motor de corriente continua de control de velocidad con base en tiristores.

1) Motor de conmutación en derivación.

Para este caso se pueden usar todos los métodos y watímetros para corriente trifásica alterna. Se pueden usar 2 watímetros monofásicos (sistema ARON) en caso de que no exista un conductor neutro (sistema trifilar). En sistemas de 4 hilos deben usarse 3 watímetros monofásicos. También existen watímetros con sólo 2 sistemas de medición para sistemas de 4 hilos.

La instalación de watímetros siempre resulta un poco incómoda puesto que se deben abrir las conexiones para conectar las bobinas de corriente de los instrumentos en serie con el motor.

Más cómodas resultan las pinzas watimétricas o pinzas amperimétricas en conexión con transmisores de potencia.

Como la potencia de una extrusora está sujeta a variaciones, no es muy aconsejable usar instrumentos de indicación. Resulta mucho más práctico usar registradores de potencia.

Existen en el mercado pequeños registradores portátiles con transductores incorporados, que se conectan a la máquina mediante pinzas amperimétricas.

Como el costo de estos registradores es relativamente alto, su aplicación queda restringida a fábricas grandes donde se justifica su adquisición.

Existe, sin embargo otro método para determinar el cociente Mw/Q que consiste en conectar mediante pinzas un simple contador trifásico en la entrada de la máquina, que permite leer

directamente los kWh consumidos en determinado tiempo de producción. El cociente Nw/Q se obtiene, dividiendo este valor por el número de Kg producidos en este mismo tiempo.

Con los instrumentos descritos se puede medir además el consumo de los circuitos de calefacción, refrigeración y auxiliares.

2) Motores de corriente continua.

Los motores de corriente continua para extrusoras, por lo general, se alimentan por medio de tiristores en circuitos de puente.

La tensión variable, producida en estos puentes, y en consecuencia, la corriente del motor, además de una componente de corriente continua (DC), posee una componente de corriente alterna (AC), la cual depende del grado de control de la onda.

El motor usa solamente la componente DC para desarrollar su torque, pero las pérdidas activas en el motor se determinan con el valor efectivo de la componente (AC).

En los últimos tiempos se desarrollaron instrumentos estáticos que pueden medir estas "corrientes mixtas". Sin embargo son tan caros, que hasta ahora solamente se utilizan en laboratorios para investigaciones científicas. Otros métodos que miden el torque del tornillo directamente también están restringidos a la aplicación en laboratorios para obtener conocimientos sobre materiales y máquinas.

Existe sin embargo, un método sencillo y lo suficientemente preciso para medir la potencia transferida al tornillo de motores de corriente continua, el cual se describe a continuación, (sin explicar las bases matemáticas y teóricas):

De la placa del motor se pueden tomar los valores nominales :

- 1) Potencia máxima del motor $P_N [kW]$
- 2) Corriente máxima de armadura $I_N [A]$
- 3) Velocidad máxima $n_N [rev/min]$

Para determinar la potencia transmitida en cada momento, no hay que medir sino 2 magnitudes :

- La corriente de armadura actual $I_x [A]$

con una resistencia "shunt" en serie con la armadura permite medir la componente DC de la corriente, la cual es proporcional al torque.

- La velocidad actual $n_x [rev/min]$

Con estos 5 datos se puede calcular la potencia P_x como sigue :

$$P_x = P_N \cdot \frac{I_x}{I_N} \cdot \frac{n_x}{n_N}$$

Como P_N , I_N , n_N son constantes, se puede escribir también :

$$P_x = C \cdot I_x \cdot n_x, \text{ donde } C = \frac{P_N}{I_N \cdot n_N}$$

En caso de que la velocidad del tornillo se mantenga constante o con muy pequeñas variaciones (en el orden del 1% para controladores de motores de corriente continua), se puede obtener un registro muy sencillo de la potencia, registrando la corriente DC de la armadura.

1.7) Carga de las chumaceras.

La carga axial que recibe la chumacera del tornillo se puede medir mecánica o eléctricamente. Se mide ante todo en extrusoras de doble tornillo. Debido a que en estas máquinas el espacio es muy reducido, las chumaceras no se pueden dimensionar tan grandes como en máquinas de un solo tornillo. Por otro lado, en máquinas de doble tornillo pueden presentarse picos de presión muy altos en la salida del cilindro, por consiguiente la medición de la presión axial sirve en primer lugar como protección a la sobrecarga. También esta magnitud se usa en extrusoras experimentales para el análisis de comportamiento de materiales.

2) PARAMETROS DE ELABORACION DE LA MATERIA PRIMA

2.1) Temperatura de alimentación.

Presecar mediante calentamiento la materia prima antes de alimentar la extrusora, aumenta el

rendimiento del proceso; por eso se ha impuesto el uso de precalentadores, montados directamente encima de la extrusora.

Para un transporte constante y reproducible en la extrusora, se necesita como prerrequisito una temperatura constante de la materia prima en la entrada al barril. Esta condición solamente se puede lograr mediante controladores de temperatura en el precalentador y medición de temperatura de la materia prima en la entrada del barril.

2.2) Temperatura de la materia fundida.

Conocer la temperatura del material fundido, por lo menos en la salida del barril, antes de entrar al molde, es indispensable para análisis y optimización de la calidad del producto. Hay que medirla en este punto, a fin de mantenerla a un nivel óptimo, influyendo en otros parámetros de la máquina.

Los elementos básicos para esta medición son termoelementos especiales delgados (a partir de un 1 mm de diámetro) revestidos con un aislante cerámico para garantizar una rápida respuesta a los cambios de temperatura.

Para proteger estos elementos tan delicados contra daños mecánicos, se montan en dispositi-

vos protectores, de acuerdo con las necesidades de medición, formando así sondas completas.

La forma más sencilla y robusta es la sonda de inmersión directa. Esta sonda tiene la ventaja de ser la más barata, pero tiene la desventaja de ser relativamente despaciosa en su respuesta a cambios de temperatura. Además, no alcanza medir la temperatura real en el barril, dando valores aproximadamente de 5 a 15 grados por debajo de los valores reales. (ver figura 3 b).

Se intenta eliminar estas fallas con una construcción diferente de la sonda en forma de gancho obteniendo así un instrumento que sigue más rápido a variaciones de temperatura y mide con mayor fidelidad. La desventaja de esta sonda son su sensibilidad mecánica y su precio. En la operación de extrusoras en fábricas de producción estas sondas se dañan con mayor frecuencia. (ver figura 3 c).

Con las sondas descritas se toma la temperatura en un solo punto del perfil del barril. Pero la temperatura no es constante a lo largo de su diámetro interior. Por eso es necesario determinar la temperatura en varios puntos del diámetro en mediciones del laboratorio. Para lograr esto, se montan varios termoelementos en aros especiales, los cuales se instalan entre el extremo del barril y el molde (ver figura 3 e).

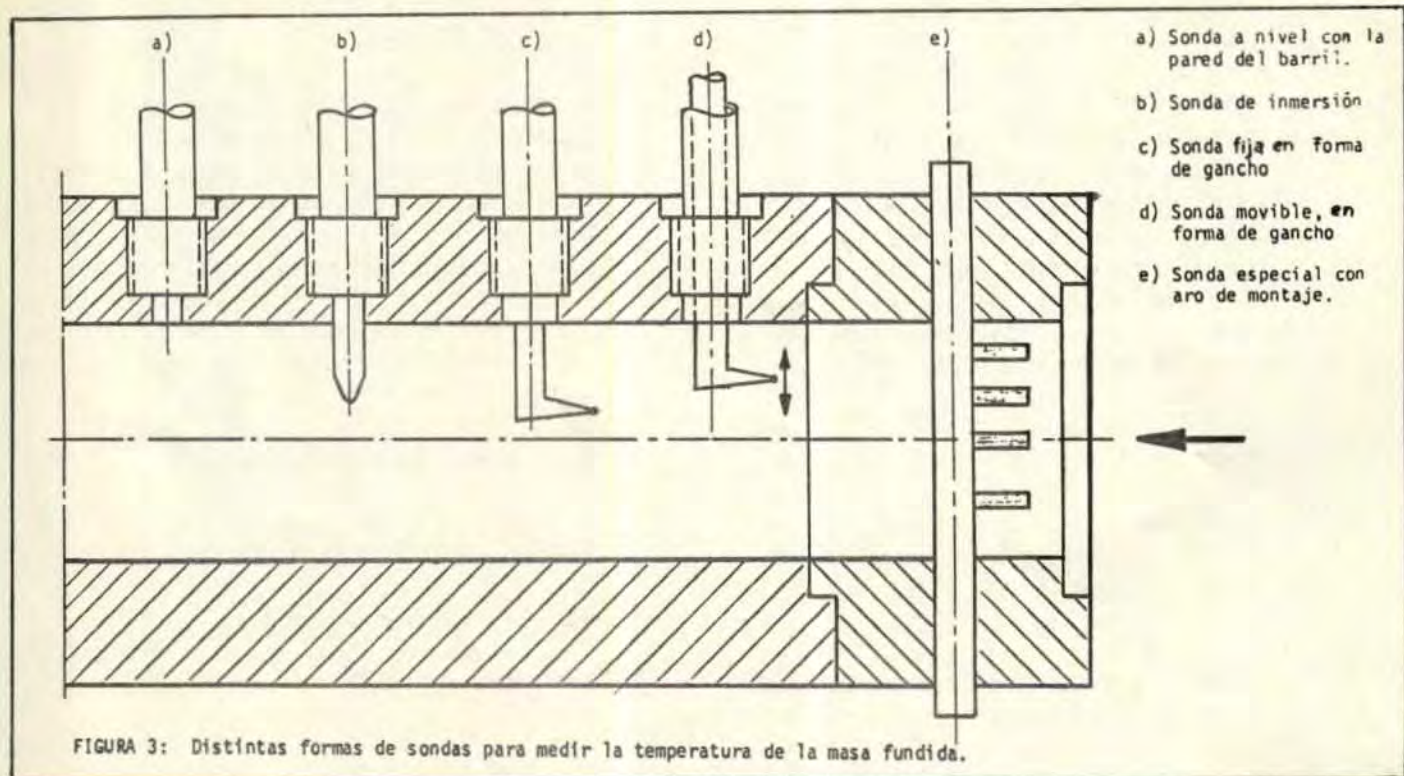


FIGURA 3: Distintas formas de sondas para medir la temperatura de la masa fundida.

A través de estos aros el material fundido puede pasar libremente sin pérdidas de calor hacia el barril y el molde.

Un diagrama obtenido en esta forma registra el comportamiento de la temperatura de la masa fundida, que pasa por el dispositivo de medición. Entre menos variaciones haya en este registro, más homogéneo es el material fundido. Esta medición por ende sirve también para vigilar la homogeneidad y la calidad de la masa fundida.

Al medir esta temperatura con un pirómetro común y corriente, introduciendo su sonda a través de un orificio a la masa fundida, se obtienen solamente valores muy aproximados, entre 15 a 30 grados por debajo del valor real.

En casos muy críticos, especialmente en la producción de láminas y películas, puede ser necesario medir la distribución de la temperatura de la masa fundida inmediatamente después de la salida del molde. Estas mediciones se deben realizar sin tocar el material. En este caso se usan detectores de temperatura que trabajan con base en radiación infrarroja.

2.3) Presión del material fundido.

La presión del material fundido está determinado, entre otros, por la resistencia del molde y las propiedades de la materia prima. Su valor constante indica un estado estable de la operación del proceso.

De su magnitud y de las variaciones puede deducirse gran número de datos acerca de las condiciones de operación de una extrusora. Es muy aconsejable registrar esta presión ya que de ella dependen directamente las dimensiones del producto. Para medir la presión, se ofrece una multitud de sensores, que funcionan con base en sistemas eléctricos, mecánicos o neumáticos. También se usan manómetros con transmisión de presión por grasas siliconas.

Desafortunadamente, hoy en día aún no existen sensores lo suficientemente robustos y precisos para aguantar confiablemente el trabajo duro en la producción durante largos periodos. Por eso todos los sensores con sus indicaciones requieren una calibración periódica.

La idoneidad de un sensor para una medición, depende de las circunstancias dadas :

- Para una indicación sencilla local, con el fin

de reproducir un parámetro obtenido mediante ensayos, basta con un indicador sencillo, robusto y barato, con sistema mecánico.

Estos sensores permiten vigilar también valores límite, mediante contactos eléctricos.

Donde se quiera accionar un controlador de presión o tomar un registro a distancia, se usa con ventaja un sensor con señal de salida eléctrica.

Para prolongar la vida de estos sensores, es aconsejable que el montaje y desmontaje de los sensores al parar las máquinas para su limpieza y cambio de producto, sea efectuado por personal calificado. Si esta tarea se deja en manos de los operarios, los instrumentos sensibles y caros se dañarán con mucha frecuencia.

2.4) Rendimiento.

El rendimiento de la extrusora se puede medir fácilmente con un reloj y una balanza. Un registro continuo solo es posible mediante una báscula dosificadora que mide la cantidad de materia prima que entra a la alimentadora.

Se requiere un instrumento, el cual de la misma manera como un medidor de flujo para líquidos, registre el rendimiento momentáneo.

3.) PARAMETROS DERIVADOS

De los parámetros medidos de operación de la extrusora, y de los parámetros de elaboración de la materia prima se pueden deducir algunas magnitudes (o valores) importantes para el análisis de tornillos, para estimar la potencia requerida y clasificar puntos de operación interesantes.

Algunos de ellos ya conocimos, como el grado de cizallamiento $\dot{\gamma}$ y el consumo específico N_w/Q

3.1) Grado de eficiencia del tornillo.

Es significativo también la eficiencia del tornillo, la cual está definida como sigue :

$$\eta_F = \frac{\text{rendimiento real (kg/h)}}{\text{rendimiento máximo posible, en función de las dimensiones geométricas del tornillo kg/h}}$$

Para extrusoras con un solo tornillo vale :

$$\eta_f = \frac{Q}{60} \cdot \frac{1000}{(h-s) \cdot t \cdot (D-t) \cdot \pi \cdot n \cdot \dot{\gamma}}$$

En esta fórmula significa :

Q [kg/h] = rendimiento medido
h [cm] = paso del tornillo
S [cm] = ancho de filetes
t [cm] = profundidad del filete
D [cm] = diámetro del barril
n [rev/min] = velocidad del tornillo
 $\dot{\gamma}$ [g/cm³] = peso específico del material

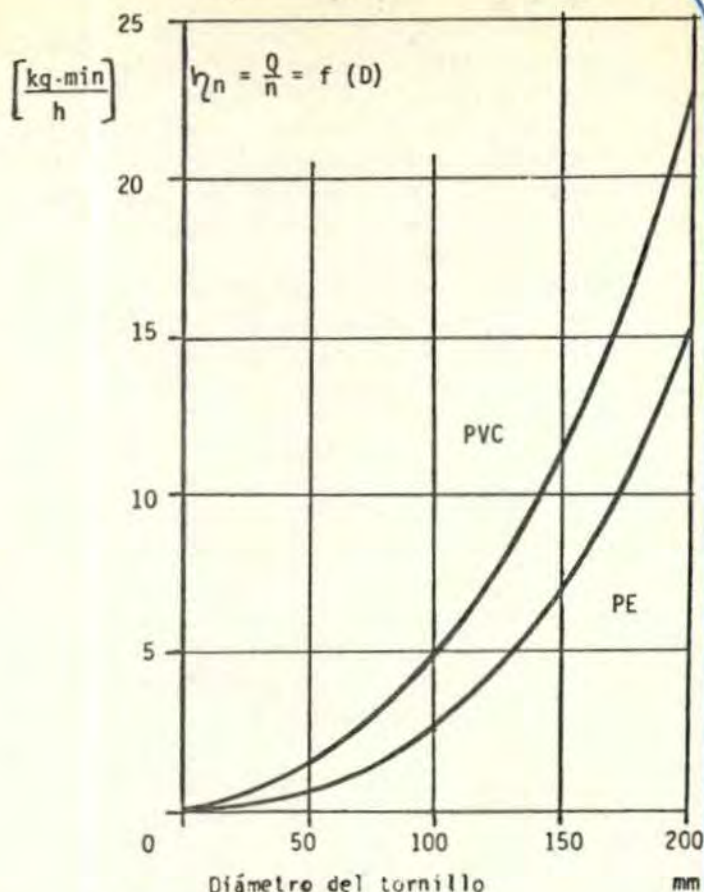
El conocimiento del grado de eficiencia del η_f tornillo puede ser muy importante para un dictamen sobre el proceso.

En una extrusora con sección de entrada lisa o con ranuras finas y con tornillo a compresión, este valor debería ser entre 0.4 y 0.55. Valores por debajo de 0.38 indican una producción poco efectiva y económica.

El aumento forzoso de la velocidad del tornillo para lograr rendimientos más altos causará sobrecalentamiento del material fundido.

Si se quieren lograr bajas temperaturas de fundición es preciso utilizar tornillos de alto grado de rendimiento.

Tornillos que trabajan sin compresión, en máquinas con secciones de entrada de ranuras gruesas, pueden tener grados de rendimiento hasta 0.85. Lo mismo vale para máquinas con tornillo doble.



Ejemplo :

De la figura 4 se obtiene un valor de n de 11.5 para una extrusora con tornillo de 150 mm diámetro, para una producción a base de PVC. Para un rendimiento deseado de 500 kg/h se necesita una velocidad aproximada del tornillo de :

$$n = \frac{Q}{\eta_n} = \frac{500 \text{ kg/h}}{11.5 \text{ kg/h} \cdot \text{min}} = 44 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$$

3.2) Rendimiento específico.

El rendimiento específico n está definido como el rendimiento en kg/h que se produce en la máquina a 1 rev/minuto.

$$\eta_n = \frac{Q}{n} \frac{kg \cdot min}{h}, \text{ donde}$$

Q [kg/h] = rendimiento
n [rev/min] = velocidad del tornillo.

En caso de que n sea conocido, puede predefinirse la velocidad necesaria para un rendimiento deseado. Existen datos sobre n para los distintos diámetros de los tornillos y materias primas (ver figura 4).

4.) PARAMETROS DEL PRODUCTO

Después del molde existen unos parámetros importantes para la configuración final y la refrigeración del producto, los cuales influyen ampliamente en sus dimensiones y características.

Por eso se necesitan conocimientos sobre su magnitud, los cuales sólo se obtienen a través de mediciones.

4.1) Espesor de las paredes del producto.

El espesor de la pared del producto se mide por lo general manualmente en el perfil, con micrómetros o pies de rey, y no se puede medir sino después de cortar los tramos. En caso de que

estos datos se necesiten más temprano, hay que usar métodos radioactivos. Pero estos sistemas son muy complejos y caros, que pueden emplearse solamente en casos particulares; en la producción de películas, sin embargo, se aplican con cierta frecuencia.

Para la producción de tubos grandes se usan a veces medidores manuales de ultrasonido, los cuales sirven para detectar diferencias de espesores, pero no para medir el espesor absoluto.

4.2) Refrigeración del producto.

Los sistemas de refrigeración que siguen al molde influyen en la superficie, las dimensiones, pro-

piedades de resistencia y tensiones residuales del producto. A veces las porosidades del producto se deben a una refrigeración inadecuada.

Distinguimos entre una refrigeración indirecta en sistemas de calibración y rodillos de refrigeración, y una refrigeración directa mediante duchas de aire o agua, y baños de agua, donde el producto está expuesto al contacto directo con el medio de refrigeración.

Es obvio que cantidad, temperatura y velocidad del medio refrigerante y la duración de la exposición al mismo son de gran importancia para el proceso de la refrigeración, y requieren de medición y control.

NUEVAS TECNOLOGIAS

BALIZAS DE POLICARBONATO

Los postes elásticos de policarbonato antichoque sustituyen a los de madera, acero y otros materiales, con los que se marca, por ejemplo la situación de tuberías de gas, oleoductos, cables de fuerza y de fibra óptica enterrados. Si uno de estos postes es arrollado por un vehículo, recupera sin deterioro su posición primitiva. Estas balizas robustas y ligeras son de policarbonato extrusionado. En la actualidad se fabrican en cinco colores, blanco, rojo, amarillo, marrón y naranja que no se decoloran ni requieren una capa de pintura. Balizas elásticas análogas se utilizan también en EE.UU en campos de golf, aparcamientos y parques, para marcar los caminos.

Ref.209-27

(Fuente : Plásticos Universales)

LAS SILICONAS FACILITAN LA INVESTIGACION ARQUEOLOGICA.

Con ayuda de cauchos de silicona (R) Silopren, que endurecen en frío, se está procediendo en la Universidad de Heidelberg a copiar con ayuda de moldes, una serie de antiquísima tablillas de arcilla. Los vaciados (de color claro) tienen por finalidad buscar en los archivos el material que aún falta para recomponerlas lo más íntegramente que se pueda.

Ref. 209-28

(Fuente: Bayer P.I.)

Tomado de: Boletín del Centro Español de Plásticos.
No. 209 Julio - Agosto de 1989. Pag. 70