

II. Parámetros del Proceso de Inyección

- **Parámetros de Máquinas y Universales**
- **Parámetros de Inyección**
- **Posición de Transferencia**
- **Parámetros de Empaque (“Hold”)**
- **Endurecimiento de Bebederos**
- **Parámetros de Enfriamiento**
- **Parámetros de Plastificación**
- **Movimientos de la Prensa**

Parámetros de Máquina y Universales

Los parámetros de máquina son aquellas entradas programables en el control de la máquina. Estos no describen con exactitud la dinámica del fundido antes de entrar al molde. Estos podrían ser:

- velocidad de inyección,
- posición del tornillo,
- presión hidráulica de inyección y
- revoluciones por minuto durante la plastificación.

Parámetros Universales son aquellos valores que el fundido ve antes de entrar al molde. Estos podrían ser:

- tiempo de inyección,
- volumen del fundido,
- presión de inyección plástica (o del fundido) y
- tiempo de plastificación.

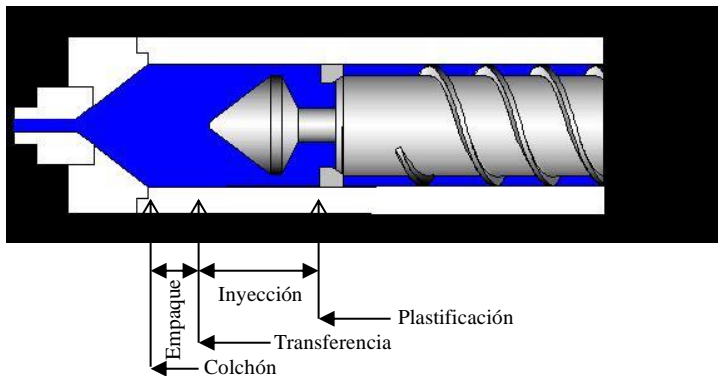
Ambos parámetros, Universales y de máquina, deben ser entendidos; ahora, el que más debería tener sentido para los moldeadores Universales es el Universal. El parámetro Universal describe mejor la función física del llenado del molde. Veamos algunos ejemplos:

- El tiempo de llenado ideal del molde es independiente del diámetro de la unidad de inyección y de su correspondiente velocidad de inyección.
- La presión de inyección hidráulica es distinta y menor a la presión del fundido o a la presión plástica.
- La posición del tornillo representa una cantidad cúbica de material fundido que ocupará un espacio dentro del molde después de ser inyectado. Este volumen de fundido podría ser únicamente relacionado a la posición cuando el diámetro del tornillo de inyección es provisto.

No todos los controles de las máquinas utilizan parámetros Universales; aun así, muchos fabricantes han reconocido la necesidad y han iniciado la conversión. En algunas máquinas modernas es común ver el control con la opción de trabajar con valores Universales (algunos le llaman absolutos) y de máquinas.

Parámetros de Inyección

Anteriormente se mencionó que durante la etapa de inyección buscamos llenar el molde cerca de un 95% de su volumen total.



II-1. Posiciones y etapas de inyección

En esta etapa el llenado se efectúa con un flujo rápido de inyección que nos dé las mejores propiedades del llenado.

Los parámetros de inyección de máquina son:

- velocidad de inyección (pulg/s o mm/s)

Los parámetros de inyección Universales son:

- Tiempo de Inyección (segundos).
- Flujo de Inyección (pulg^3/s o mm^3/s)

Los moldeadores Universales utilizamos una sola velocidad de inyección; ahora hay moldes que requieren perfiles de velocidad. Por ejemplo, hay moldes con flujos de llenado desbalanceados como los moldes de familia, moldes que moldean distintas piezas a la vez. Recuerde que un gran número de los moldes existentes fueron fabricados muchos años atrás y es probable que no estén en su mejor condición.

Nos hemos encontrado con moldeadores con la costumbre de utilizar una velocidad lenta al final de la inyección con el objetivo de evitar el rebote del tornillo. Esto se ha corregido, ajustando una posición de transferencia y una posición de plastificación apropiadas. En presentaciones futuras se hablará de cómo determinar las posiciones de transferencia y de plastificación adecuada.

Repetimos, no controlamos presión y ni tiempo en la etapa de inyección. No se controlan, ahora sí programamos límites de presión y tiempo en la etapa de inyección. Estos límites de presión y tiempo no deben ser alcanzados durante la etapa de inyección ya que su propósito es proteger el molde y la máquina.

Recuerde:

- La etapa de inyección es conocida como la etapa de control de velocidad.
- No trate de llenar el 100% del molde durante la etapa de inyección; llenar cerca del 95% es la meta.
- Durante la inyección, el tornillo se comporta como un pistón.
- Durante la inyección, la anilla (“check ring”) se mueve contra un asiento en el tornillo, sellando y evitando que el fundido regrese al tornillo.

Parámetros de Transferencia

La transferencia es quien termina la etapa de inyección. Una vez la unidad de inyección llena cerca del 95%, termina la etapa de llenado por inyección y se inicia la próxima etapa, empaque.

Las máquinas de inyección podrían transferir de cuatro maneras:

- tiempo
- posición
- presión y
- sensor al final del llenado en la cavidad.

Veamos cada uno de estos individualmente:

- Transferir por tiempo mide el tiempo desde que se inició la inyección hasta que alcanza el tiempo de transferencia entrado.
- La transferencia por posición mide el desplazamiento desde el inicio de la inyección hasta alcanzar la posición de transferencia entrada.
- La transferencia por presión monitorea la presión hasta que la presión actual iguala la presión de transferencia entrada.
- Transferencia por medio de un sensor de temperatura o presión colocado cerca del final del llenado de la cavidad o cavidades en el molde. Cuando el fundido entra a la cavidad y alcanza la

posición donde está colocado, el sensor retroalimenta una señal al control de la máquina indicando que transfiera.

Los moldeadores Universales preferimos transferir por posición, ya que la posición de transferencia es quien mejor garantiza el volumen de inyección requerido por el molde.

Algunos moldeadores entienden que el más repetitivo de los métodos de transferencia es por sensor de cavidad. Ahora comprenda que muy pocos moldes poseen esta tecnología. Es por lo que recomendamos la transferencia por posición. Este tipo de tecnología, sensores en las cavidades, aunque ha ganado popularidad, no se puede justificar la inversión en mucha de las aplicaciones. Si su molde está equipado con ellos entonces transfiera por sensor de cavidad.

Parámetro de transferencia de máquina:

- posición de transferencia (pulgadas o milímetros)

Parámetros de transferencia Universal:

- volumen de transferencia (pulg³ o mm³)
- transferir por sensor de cavidad (temperatura o presión) es Universal.

Parámetros de Empaque (“Hold”)

En esta etapa el tornillo continúa actuando como un pistón, comprimiendo las cavidades hasta llenar el remanente que no pudo llenar en la etapa de inyección.

La etapa de empaque es conocida como la etapa de control de presión. Durante el empaque controlamos la presión para conseguir el peso adecuado de las piezas moldeadas o lo que los moldeadores Universales llamamos “Dimensiones de Masa”. Recuerde que las Dimensiones de Masa son aquellas que son únicamente función de la cantidad de material y no se deben confundir con las dimensiones que son efecto del encogimiento. El objetivo es manipular la presión de compactación para garantizar las dimensiones que son función de cantidad de material.

Parámetro de empaque de máquina:

- presión de empaque hidráulica (psi o bares)

Parámetro de empaque Universal:

- presión de empaque plástica (psi o bares)

Recuerde:

- Presión en la cavidad es también un parámetro Universal.
- El encogimiento se controlará mayormente durante la etapa de enfriamiento.
- Durante el empaque controlamos únicamente las dimensiones de masa, las dimensiones que son función de la cantidad de material.

Endurecimiento de Bebederos

Una vez las piezas son empacadas el fundido se sostiene hasta que el material en los bebederos se solidifica, creando un tapón que retiene el fundido dentro de las cavidades.

El parámetro que controla el endurecimiento de los bebederos es el tiempo de empaque, y sus unidades son segundos. Tiempo de empaque es ambos, parámetros de máquina y Universal.

Es posible encontrar controladores que dividen el empaque en dos, empaque y sostén (“pack and hold”). Estos separan la etapa de control de presión y el endurecimiento de los bebederos. En adición a la presión y la del tiempo consideran la velocidad de empaque.

En ***Moldeo UniversalTM*** no dividimos la etapa en dos partes, empaque y sostén. Creemos que el tiempo de empaque es uno, se inicia cuando termina la inyección, y culmina cuando se solidifican los bebederos.

En ***Moldeo UniversalTM*** no consideramos la velocidad de empaque. Para los moldeadores Universales, el empaque es la etapa de control de presión y la velocidad es un resultado, ya que es imposible simultáneamente controlar ambos presión y velocidad del fundido. Uno será resultado del otro:

- si controlas presión, la velocidad del fundido será el resultado y
- si controlas velocidad, la presión del fundido será el resultado.

En el evento de encontrarse con máquinas que llegaron provistas con ambas, empaque y sostén, si es posible, apáguele una de ellas o ajuste el tiempo de esa etapa secundaria igual a cero.

Nosotros recomendamos una sola presión, ahora hay moldes viejos que requieren de una segunda presión, por ejemplo, una primera presión de empaque para garantizar dimensiones de masa y una segunda presión para garantizar el desmolde de la colada. Por lo regular la última parte que se solidifica en el molde es la colada y, aunque nosotros no moldeamos colada, es posible que se requiera empaclarlas para garantizar su desmolde.

El colchón (“cushion”)

El colchón o cojín es el poquito de plástico que siempre sobra en frente del tornillo después del empaque y nunca debe ser igual a cero. Si la posición llega a cero inutilizaría la etapa de empaque y, consecuentemente, no tendrá control de las dimensiones de masa. El colchón debe siempre existir.

Recuerde:

- Si se remueve la presión de empaque prematuramente, el fundido retornará la colada y hasta la unidad de inyección.
- Si el tiempo de empaque es muy extendido, el moldeador estará “moldeando coladas”.
- Durante el empaque, la anilla (“check ring”) se mantiene contra el asiento del tornillo, sellando y evitando que el fundido regrese al tornillo.

Enfriamiento

En esta etapa removemos calor de las partes hasta obtener piezas que sean desmoldables con unas dimensiones térmicas aceptables. La idea es manipular la remoción del calor del fundido con el objetivo de controlar las dimensiones térmicas. Recuerde que la remoción de calor rápido nos da paredes más gruesas que la remoción de calor lento.

Parámetros de Enfriamiento

- Temperatura del molde (°F o °C)
- Tiempo de enfriamiento (segundos)

Ambos son parámetros de máquina y Universales.

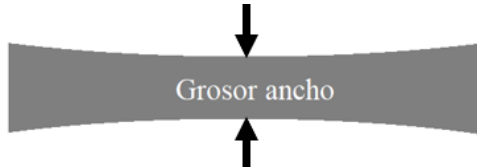
Familiarícese con el control de su máquina ya que algunos controles incluyen el tiempo de empaque dentro del tiempo de enfriamiento.

Cautela en esta etapa, tiempos de enfriamiento extendido resulta en procesos costosos. La idea es manipular ambos parámetros, temperatura y tiempo de enfriamiento, para obtener dimensiones óptimas. Además, un cambio en la temperatura del molde podría afectar el tiempo de empaque, ya que cualquier cambio en la remoción de calor del fundido tendrá un efecto en el tiempo de solidificación del bebedero.

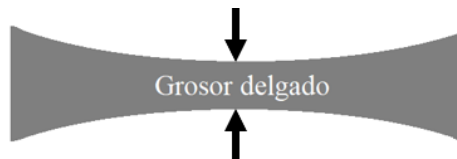
La temperatura del molde se controla cambiando la temperatura del agua que enfría las cavidades del molde y en ocasiones se modifica el caudal del agua. Es importante aclarar que la temperatura del agua entrando al molde y la temperatura del acero son distintas.

Recuerde:

- Moldes fríos y tiempos de enfriamiento extendidos dan paredes anchas.
- Moldes calientes y tiempos de enfriamientos cortos dan paredes delgadas.



II-2. Pared con moldes fríos y tiempos de enfriamiento extendidos



II-2a. Pared con moldes calientes y tiempos de enfriamiento cortos

- Algunas propiedades mecánicas, como la rigidez, translucencia y la cristalinidad, pueden ser también una función de la rapidez con que se remueve el calor.
- Las dimensiones térmicas son función del encogimiento y no de la cantidad de masa empacada.

Parámetros de Plastificación

El mayor objetivo de la plastificación es consistentemente producir un fundido homogéneo. Durante la plastificación la anilla (“check ring”) se mueve hacia el frente, permitiendo el paso del fundido delante del tornillo.

Recuerde que la plastificación sucede al mismo tiempo que la etapa de enfriamiento. Bajo condiciones normales la plastificación termina antes que el enfriamiento y, si el enfriamiento termina antes, el permiso para abrir el molde será denegado por el control. Esta condición extendería el tiempo de enfriamiento y, consecuentemente, afectaría las dimensiones térmicas.

Parámetros de plastificación de máquina:

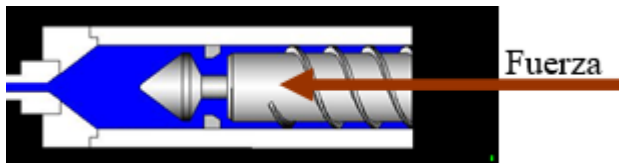
- velocidad de plastificación (revoluciones por minuto, rpm)
- contrapresión hidráulica (psi o bares)
- perfil de temperaturas del barril ($^{\circ}\text{F}$ o $^{\circ}\text{C}$)
- posición de plastificación del tornillo (pulgadas o milímetros)
- descompresión (pulgadas o milímetros)

Parámetros de plastificación Universales:

- tiempo de plastificación (segundos)
- contrapresión plástica (psi o bares)
- temperatura del fundido ($^{\circ}\text{F}$ o $^{\circ}\text{C}$)
- volumen de plastificación (pulgadas³ o milímetros³)
- descompresión (pulgadas³ o milímetros³)

La contrapresión (“back pressure”)

El objetivo de la contrapresión es crear una fuerza que se oponga al libre desplazamiento del tornillo durante la plastificación. Esta fuerza se reflejará en forma de presión en el fundido.



II-3. La contrapresión (“back pressure”)

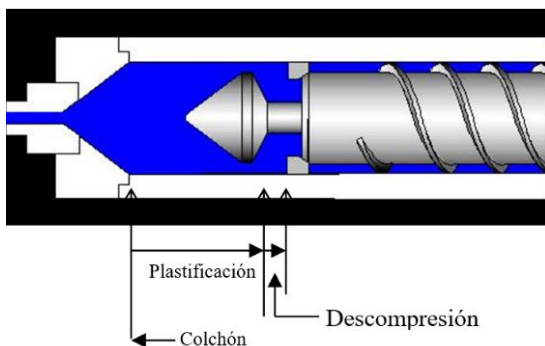
Aumento en contrapresión resulta en aumento en fricción y aumento en la capacidad de mezclado.

Aumento en la velocidad de plastificación resulta en aumento en fricción y reducción en el tiempo de plastificación.

Los fundidos termoplásticos son compresibles; algunos materiales pueden ser comprimidos sobre un 20%. Consecuentemente, aumento en contrapresión también resulta en aumento en la cantidad de material de inyección, ya que más plástico será compactado en el mismo volumen en el barril de inyección.

La descompresión después de la plastificación

La descompresión reduce la presión del fundido después de la plastificación. Esto lo hace con un pequeño desplazamiento del tornillo en la dirección de la plastificación.



II-4. La descompresión

Durante la plastificación el molde está cerrado y lleno de material, y es ese material quien mantiene el fundido dentro de la unidad de inyección. Después de la plastificación el fundido está comprimido y, si el molde abre y desmolda las partes moldeadas, el fundido podría crear un babeo de material dentro del molde abierto. Por esta razón existe la descompresión después de la plastificación.

También existe la descompresión antes de la plastificación. Aunque no es tan común, ya que el barril de inyección está prácticamente vacío, este movimiento ayuda con la remoción de la colada y facilita el cierre de válvulas de bebederos ("valve gates") en moldes con colada caliente.

Recuerden:

- Si el molde abre durante la plastificación y ni la inyectora ni el molde están provisto con algún sistema de válvulas de cierre, el plástico se chorreará dentro del molde.
- Como regla general, la plastificación debe terminar cerca de un segundo antes que el enfriamiento.
- Es importante saber que la unidad de inyección utiliza dos fuentes de calor para fundir el plástico, las bandas de calor y la fricción.
- Aunque el operador programa las zonas de calor del barril, la temperatura del fundido es el factor más significativo.

Movimientos de la Prensa

Los movimientos de la prensa son simples; ahora, debe ser cauteloso durante su ajuste o roturas cuantiosas podrían surgir. Cada máquina posee una programación única, y usted es responsable de aprender y entender la operación del control antes de utilizarlo.

Veamos una secuencia simple:

- El molde abre.
- Los noyos (“cores”), si existen, abren.
- Las partes son expulsadas.
- Los noyos (si existen) regresan a su lugar.
- Se inicia el cierre.
- Se inicia la etapa de protección del molde.
- Se completa la fuerza de cierre.

Molde abre

Permiso de abrir la prensa sucede después que termina el enfriamiento y, en adición, en la mayoría de los moldes, terminó la plastificación. Los parámetros más significativos son el perfil de velocidad y la posición de apertura.

Remover noyos (“cores”)

No todo molde necesita de esta opción. Los noyos son mayormente utilizados con moldes donde la cavidad se tiene que abrir o desarmar para que las partes puedan ser expulsadas. Este tipo de desarme es operado por un mecanismo externo, ya sea hidráulico o electromecánico. Esta operación puede suceder mientras el molde abre.

Expulsión de las partes

Normalmente las partes moldeadas y la colada se quedan atrapadas por el molde, y su remoción depende de mecanismos de expulsión. Las partes son expulsadas del molde por medio de botadores (“ejector pins”), platos de expulsión (“ejector plates”), etc. Esta operación puede suceder mientras el molde abre (“eject on-the-fly”) o una vez esté totalmente abierto. Es común ver brazos mecánicos (“robots”) remover los componentes moldeados. Los parámetros más significativos son la velocidad y el desplazamiento de expulsión.

Relocalización de los noyos

Aquellos moldes que traen esta opción requieren que los noyos regresen a su posición antes de cerrar. Es importante alambrar toda señal que garantice el ensamble completo de los noyos. Un cierre del molde con los noyos desarmados podría ocasionar roturas en el molde.

Cierre del molde

Una vez se arman los noyos y los platos expulsores regresan a su posición, el molde inicia el cierre. Los parámetros más significativos de esta etapa son el perfil de velocidad y sus posiciones.

Protección del molde

La protección del molde es de extrema importancia y se ajusta de manera que detecte la dificultad de cierre, a consecuencia de algún objeto atrapado, sin dañar el molde. Alguno de los parámetros más significativo son la zona de protección, tiempo límite y fuerza límite. Por ejemplo, si durante la zona de protección el límite de fuerza o el límite de tiempo son alcanzados, la prensa interrumpe el cierre.

Fuerza de cierre

Una vez pasa la etapa de protección del molde, entonces la prensa continúa el cierre hasta alcanzar la fuerza de cierre ajustada. La fuerza de cierre se ajusta de acuerdo con los requerimientos del molde.

Nunca se puede ser demasiado cauteloso; entienda su molde y el control de la máquina antes de tratar de operarla. Siga todas las reglas de seguridad provistas por el fabricante del equipo y las establecidas por su empresa.

Preguntas

- 1) Algunos parámetros Universales son:
 - a. velocidad de inyección, posición del tornillo, presión hidráulica de inyección y revoluciones por minuto.
 - b. tiempo de inyección, volumen del fundido, presión de inyección plástica y tiempo de plastificación.
- 2) Seleccione la oración correcta.
 - a. Los parámetros de máquina son aquellos valores que el fundido ve antes de entrar al molde.
 - b. Parámetros Universales son aquellos valores que el fundido ve antes de entrar al molde.
- 3) Los parámetros Universales de la etapa de inyección son:
 - a. presión de inyección.
 - b. velocidad de inyección.
 - c. tiempo y flujo de inyección.
- 4) Seleccione todas las oraciones correctas.
 - a. La velocidad de inyección es un parámetro Universal.
 - b. Flujo es la división entre el volumen de inyección y el tiempo de inyección.
 - c. Durante la etapa de inyección buscamos llenar el molde cerca de un 95% de su volumen total.
 - d. Las unidades de velocidad de inyección son milímetros cúbicos/segundo.
- 5) ¿Cuántas velocidades recomendamos durante la etapa de inyección?
 - a. Solo una, siempre y cuando la posición de transferencia sea ajustada adecuadamente.
 - b. Dos y la final, lenta.
 - c. Tres, iniciar lento, continuar rápido y terminar lento.
- 6) ¿Controlamos presión y tiempo de inyección en la etapa de inyección?
 - a. Sí, se controlan con el propósito de garantizar una velocidad de inyección.
 - b. No, los limitamos con el objetivo de proteger el molde y la máquina.
- 7) Seleccione todas las oraciones correctas.

- a. Transferencia por tiempo mide el desplazamiento desde el inicio de la inyección hasta alcanzar la posición de transferencia entrada.
- b. La transferencia por posición monitorea el desplazamiento desde el inicio de la inyección hasta alcanzar la posición de transferencia entrada.
- c. La transferencia por presión monitorea el tiempo desde que se inició la inyección hasta que expira el tiempo de transferencia entrado.
- d. Los moldeadores Universales preferimos transferir por posición.

8) Seleccione todas las oraciones correctas.

- a. La posición de transferencia termina la etapa de inyección e inicia la etapa de empaque.
- b. El parámetro Universal de transferencia es posición.
- c. Las unidades de volumen de transferencia son pulgadas o milímetros.
- d. Los moldeadores Universales preferimos transferir por posición, y si la máquina es capaz de transferir por volumen, entonces por volumen.

9) Seleccione las oraciones correctas.

- a. La etapa de empaque es conocida como la etapa de control de presión.
- b. Se puede llenar un 100% del molde en la etapa de inyección.
- c. La etapa de empaque se conoce como la etapa de control de velocidad.
- d. Debemos siempre utilizar múltiples presiones de empaque.

10) ¿Puede el colchón ser igual a cero?

- a. Si, así tendrá control de las dimensiones de masa.
- b. No, el colchón debe siempre existir para que el empaque funcione.

11) Seleccione las oraciones correctas.

- a. En la etapa de enfriamiento podemos corregir dimensiones de masa.
- b. La temperatura del agua entrando al molde y la del acero del molde son iguales.
- c. Los parámetros de control en la etapa de enfriamiento son la temperatura del molde y el tiempo de enfriamiento.
- d. Ambos, temperatura del molde y tiempo de enfriamiento, son parámetros de máquina y Universales.

12) Seleccione las oraciones correctas.

- a. En la etapa de plastificación podemos corregir dimensiones de masa.
- b. Las zonas de calor del barril miden las temperaturas del acero y no la del fundido.

- c. La temperatura del fundido es un parámetro Universal.
 - d. La temperatura del fundido es más significativa que las zonas de calor del barril.
- 13) Los parámetros Universales de la plastificación son:
- a. tiempo de plastificación, contrapresión plástica, temperatura del fundido y volumen de plastificación.
 - b. velocidad de plastificación, contrapresión hidráulica, perfil de temperaturas y posición de plastificación.
- 14) Aumento en contrapresión resulta en:
- a. aumento en fricción y reducción en el tiempo de plastificación.
 - b. aumento en fricción y aumento en la capacidad de mezclado.
- 15) La descompresión después de la plastificación:
- a. reduce la presión del fundido antes de la plastificación.
 - b. reduce la presión del fundido después de la plastificación.
 - c. asiste al sellado de la anilla contra el tornillo, impidiendo el paso del fundido al frente del tornillo.
- 16) Aumento en contrapresión implica aumento en:
- a. la cantidad de fundido en la plastificación, fricción y velocidad (rpm).
 - b. la cantidad de fundido en la plastificación, la fricción y la capacidad de mezclado.
- 17) Los fundidos termoplásticos son compresibles.
- a. Cierto, es por lo que la cantidad plastificada aumenta con la contrapresión.
 - b. Falso, sí son compresibles, y la cantidad plastificada disminuye con la contrapresión.
- 18) Seleccione las oraciones correctas:
- a. La descompresión aumenta la cantidad de fundido.
 - b. La descompresión al final de la plastificación reduce la presión del fundido después de la plastificación.
 - c. Existe también la descompresión antes de la plastificación.
 - d. Durante la plastificación el molde está cerrado y lleno de material, y es ese material quien mantiene el fundido dentro de la unidad de inyección.