

## **50 FORMAS DE RECORTAR EL TIEMPO DEL CICLO DE INYECCION.**

El tiempo representa costos. Muchas veces se subestiman las oportunidades de ahorrar. Examine los siguientes consejos dados por experiencias.

Tiempo de lectura 15' diarios

Para nuestros clientes:

**Q**uée inyección? No, no nos referimos a la clase de artificios que puedan ué moldeador no desearía reducir el tiempo de los ciclos de

llevar a sacrificar la calidad del producto. "Cualquiera pueda disminuir el tiempo del ciclo. El reto real es hacerlo sin arruinar el producto".

Con este reto en la mente, revise la siguiente colección de consejos para reducir tiempo y costos de moldeo por inyección. Los consejos provienen de experiencia técnica en el campo, y de proveedores de equipos auxiliares que pasan el tiempo innovando estrategias para reducir tiempos y costos, y hacer que su proceso pueda volar alto, más alto.

Estas recomendaciones están organizadas por áreas de tópicos: el molde, la prensa, los materiales, y los equipos auxiliares, entre otros. Cuando quiera obtener ahorros tenga en mente esta regla general: el tiempo del ciclo de moldeo está repartido en 5% correspondiente a la acción de inyección, 80% de tiempo de enfriamiento y 15% de expulsión del producto terminado.



Mucho de los expertos ofrecen este sentido común, puro y simple. Pero puede haber una joya o dos en este artículo, aún para los moldeadores más expertos. Por otro lado, cualquiera ocasionalmente puede ignorar alguno de los principios básicos y por lo tanto también puede ofrecer provecho de su lectura.

Recuerde que la mayoría de estas recomendaciones puede aportar resultados útiles si forma parte de una estrategia más amplia. "No se pueden separar los factores de contribución del tiempo del ciclo de inyección. Ellos siempre están relacionados entre sí".

De hecho, algunos de los puntos mencionados aquí pueden no tener un gran efecto *directo* sobre el tiempo del ciclo, pero su influencia *indirecta* puede ser de utilidad o dañina. Recurriendo a algunos de los ejemplos más comúnmente usados, algunos moldeadores compensan el uso de resinas presecadas de manera inapropiada adicionando exceso de calor al proceso, lo que lleva a extender el tiempo del ciclo. O considere la selección de un tornillo adecuado, los moldeadores tratan de subsanar las deficiencias de mezclado incrementando el calor en el tornillo o aumentando la contra presión, dos acciones que prolongan el tiempo del ciclo de manera innecesaria. "Muchos moldeadores trabajan todo el tiempo con tornillos de propósito general, cuando puede que necesiten escoger diseños especializados en algunas aplicaciones".

Dada la vasta diferencia entre las explicaciones de moldeo por inyección, cada recomendación que se da aquí no necesariamente es aplicable en todos los casos, pero la mayoría de ellas sí puede aportar mejoras en casi cualquier proceso. Creo que las reducciones más grande del tiempo del ciclo y las más asequibles provienen de la optimización del sistema de enfriamiento del molde, del calentamiento más eficiente del tornillo y un mejor secado de la resina, junto con el empleo de un perfil de temperaturas apropiado a lo largo de la máquina. "Si logra dominar estos parámetros podrá observar cómo se resuelve sus problemas".

Después de agotar las soluciones rápidas, el problema de la reducción del tiempo del ciclo todavía puede parecer como una pared insalvable. En tal caso, la situación puede ameritar el empleo de medidas más complejas y costosas. Estos factores entran en juego cuando hay necesidad de fabricar un nuevo molde o reconstruir uno usado. Una máquina de moldeo por inyección nueva o reconstruida, y equipos auxiliares más actualizados pueden también remediar el problema de ciclos de largos en muchos casos.



Una vez que se han identificado y eliminado las causas de las pérdidas de tiempo en el proceso, existe todavía la posibilidad de lograr beneficios incrementables si se trabaja en la selección de mejores materiales, tornillos, y en la optimización del proceso. "Ese último diez por ciento de mejoramiento es el más difícil de alcanzar".

\* **MANTENGASE FRIO**

1

**Si puede, disminuya la temperatura del molde.** Todos los profesionales de producción mencionan problemas de moldeado en las cuales encontré operaciones con temperaturas de molde superiores a las necesitadas para alcanzar buenas propiedades físicas.

2

**Cuando procese resinas amorfas experimente con moldes más fríos.** Los usuarios de resinas cristalinas, por otro lado, deben saber que pueden reducir la cristalinidad y las propiedades del productos, si se baja demasiado la temperatura del molde. Tomando el nylon como un ejemplo: "Recomendamos una temperatura entre 50° C y 60° C, pero hay casos en que los moldeadores operan moldes más fríos, si la salida de cristalinidad no se convierte en un problema".

3

**Las nuevas poliolefinas plastoméricas y elastomérica fabricadas con catalizadores metalloceno, se procesan bien a temperaturas más bajas que las usuales.** Un molde frío puede recortar en estos casos de 25 a 30% el tiempo del ciclo. La temperatura del molde debe mantenerse en 10° C, tanto en el centro como en la pared de la cavidad; en lugar de 30° C, que es lo aconsejable en los polietilenos estándar.

# 4

**Piense en operar el molde a baja temperatura desde el comienzo del proceso de diseño de un nuevo molde.** "La gente cae en la cuenta de la necesidad de trabajar con moldes más fríos con frecuencia después de haberlos construidos. Una forma de hacer el análisis de operación de un molde más frío puede ser empleando un programa computarizado de simulación de llenado de molde.

# 5

**Asegúrese de tener una velocidad del medio de enfriamiento lo suficientemente alta dentro del molde.** El coeficiente de transferencia de calor puede ser de 10 a 20 veces mayor cuando la velocidad del medio de enfriamiento es lo suficientemente alta como para generar un patrón de flujo turbulento en lugar de uno laminar. La velocidad requerida para alcanzar flujo turbulento es una función del diámetro del canal y la viscosidad del medio de enfriamiento. Debido a que los aditivos anticongelantes tienden a elevar la viscosidad del agua fría, puede ser contraproducente operar el molde a una temperatura más baja a cambio de una velocidad menor. Los proveedores de equipos de enfriamiento pueden ayudar a determinar si la instalación cuenta con una capacidad de bombeo suficiente.

# 6

**Asegúrese de que el molde reciba suficiente flujo del medio de enfriamiento y de que esté dirigido a los puntos correctos.** ¿Para qué sobreenfriar una sección de pared delgada cuando no hay agua en la dirección de una sección pesada?, me pregunto mencionando un error muy común.

# 7

**No olvide llevar agua a las barras corredizas, elevadores o a cualquier otra área del molde que entre en contacto con la resina fundida.** "Es un descuido dejar sin enfriamiento áreas del canal de flujo de la resina".

# 8

**Es mejor hacer agujeros grandes en las placas de desviación.** "Existe la tendencia a perforar las placas de desviación con agujeros del mismo diámetro que los canales de flujo". Este arreglo lleva a una pérdida de presión y una menor capacidad de enfriamiento. Aconsejo que una buena regla general es hacer los agujeros de las placas de desviación 40% más grandes que los canales para lograr el mismo flujo a través de todo el sistema.

# 9

**Haga un tratamiento al agua para prevenir la formación de depósitos de carbonatos en los moldes y el sistema de enfriamiento.** Con solo un espesor de 0.002 milímetros de depósitos, en los conductos del molde se puede disminuir la eficiencia de enfriamiento en un 30%. Aconsejo que la dureza del agua no este a más de 7° Franceses y... No se deje engañar por equipos o productos mágicos.

# 10

**Esté pendiente del diferencial de presión entre el suministro y el retorno del sistema de enfriamiento.** "Los equipos suplementarios pueden alterar la presión de retorno". Condiciones que inhiben el flujo del medio enfriador se pueden presentar con equipos auxiliares de enfriamiento o calentamiento que se dejan conectados y sin uso junto a la máquina de inyección: estos equipos pueden enviar agua a alta presión de regreso al circuito de enfriamiento. He observado casos extremos en donde "el agua fluía casi en reserva", detenidos. Una buena regla general, es mantener un diferencial mínimo de 0,7 kg/ cm<sup>2</sup>, aunque es más recomendable permitirse de 2 a 3 kg/ cm<sup>2</sup>.

# 11

**La deshumidificación del molde es una manera de lograr una temperatura más baja en el molde sin sufrir las consecuencias de la condensación, que pueden deteriorar las partes inyectadas.** Los sistemas de deshumidificación allanan el camino para recortar el tiempo del ciclo en proporciones hasta de 30%.

# 12

**Considere el uso de enfriamiento por pulsos, que pueden intercambiar rápidamente entre los ciclos de calentamiento y enfriamiento.** Los sistemas de enfriamiento por pulsos ofrecen la mejor solución cuando de reducción del tiempo del ciclo se trata: es posible extraer el calor más rápidamente. Trate de utilizar controles de temperaturas retroinformados en el enfriamiento del molde; generalmente el control se realiza con flujómetros que ajustan un pasaje de agua, pero si tuviera alguna fluctuación de flujo o presión el enfriamiento cambiará, provocando la intervención constante del operador en la maquina.

# 13

**Para un mejor enfriamiento, reemplace las partes de acero con aleaciones por mayor conductividad de calor.** Ahora las aleaciones de cobre berilio forjadas son susceptibles de ser maquinadas y ofrecen la misma dureza que otros materiales, al tiempo que su conductividad térmica es de cinco veces superior. Por ejemplo, el tiempo del ciclo para inyectar el tanque del sistema de radiador de un minivan disminuyó de 50 a 35 segundos cuando los centros del molde en acero P - 20 se reemplazaron con Moldmax BeCu de Brush Wellman Inc. Este ahorro de tiempo se dio aunque la temperatura del molde se elevó.

# 14

**Asegúrese de que las líneas de agua estén lo más cerca posible de las áreas donde hay mayor concentración de calor.** El caso de la producción de un vaso, como un ejemplo simple: "En la interfaz entre la base y la pared lateral (punta y centro), la energía térmica se concentra tres veces más que en las otras secciones del vaso".

# 15

**Tecnologías avanzadas de enfriamiento y aleaciones con conductividades elevadas proporcionan mayores beneficios si se emplean conjuntamente.** "Combine enfriamiento por pulsos con insertos de cobre berilio, y contará con un molde muy productivo".

# 16

**Aléjese de los canales de molde voluminosos.** ¿Qué es lo que controla el tiempo del ciclo? Frecuentemente 50% corresponde al canal de inyección del molde. En ocasiones el atraso en el enfriamiento se puede asignar en su totalidad al enfriamiento del sistema de la colada de inyección. Una forma de solucionar el problema es usar colada caliente. Otra es seleccionar una resina de mayor flujo u optimizar el diseño de la colada antes de construir el molde, empleando un análisis computarizado de llenado del molde.

• AHORROS EN LA PRENSA

# 17

**No aumente la contra presión del tornillo más de lo necesario.** He visto moldeadores que aumentan la contrapresión durante la etapa de recuperación, pero esto adiciona tanto calor de cizallado como para obligar a extender el tiempo de enfriamiento. Recuerdo un caso en el cual el moldeador operaba con un tiempo de 40 seg. en la etapa de carga. "Bajo estas condiciones, estaba adicionado demasiado calor en la resina, sin que ello llevara a mejorar la calidad del material fundido, llevando el tiempo del ciclo muy alto para enfriar y para cargar; se puede reducir el tiempo total del ciclo", aconsejo ver este punto.

# 18

**Emplee el tornillo correcto para el trabajo de moldeo por inyección.** "Se requiere un tornillo que provea la calidad de resina fundida a la menor temperatura posible. Si en primer lugar, el tornillo opera sin necesidad de calentamiento, es un indicio de que más tarde no habrá necesidad de efectuar modificaciones". Con poliolefinas recomiendo tornillos de longitud L/D 25:1, con una zona de transición generosa para lograr mejores resultados. Las resinas cristalinas se pueden procesar a razones de compresión 4:1.

# 19

**Ponga atención a la temperatura en la garganta de alimentación de la tolva.** He visto moldeadores forzados a extender el tiempo del ciclo para compensar las pequeñas fluctuaciones de carga por obstrucción en la entrada del material verifique huecos de palomas y temperatura en las zonas anteriores del tornillo.

# 20

**Logre que la máquina realice funciones simultáneas.** Una forma de hacerlo es acoplando motores servo AC al tornillo. "Con estos motores, la máquina puede plastificar al tiempo que puede abrir el molde, así se puede ahorrar una buena parte del tiempo de recuperación". Con un paquete hidráulico renovado también se puede lograr el mismo resultado. "Las máquinas viejas pueden tener la habilidad de realizar funciones paralelas con una bomba extra o un motor más grande". No olvide de poner una válvula Pico para evitar el retiro o movimiento del cañón.

# 21

**Observe si existen desperdicios en la función hidráulica de la máquina en operaciones secundarias y otras ineficiencia.** "Mientras más eficiente sea el sistema hidráulico, más estable es la potencia que se puede extraer de la máquina". Las funciones secundarias hidráulicas, como el movimiento de noyos, frecuentemente se soportan en el accionamiento de válvulas de alivio para así acomodar sistemas diferentes de presión. Recuerdo la fabricación de un contenedor industrial, donde la reducción del ciclo no se podría lograr debido a que los noyos del molde eran muy grandes y extraían demasiado aceite del sistema hidráulico. Una estrategia mejor, es tomar las funciones auxiliares a la presión del sistema en lugar de rebajar la presión con válvulas que derivan a tanque.

# 22

**Reconstrucciones de los sistemas de control, como el de la velocidad del motor, pueden recortar el tiempo del ciclo y a la vez ayudar a ahorrar energía.** Cuando el fabricante de máquinas bajo pedido, adiciona controladores de velocidad a los motores de las máquinas de inyección, el tiempo del ciclo disminuye 5% y los costos de energía entre un 45-50% menos.

# 23

**No inyecte lentamente.** Esta es una de las formas más comunes en las que los moldeadores se roban a sí mismo capacidad de producción y tiempo, el primer 60 a 70% del recorrido de la inyección puede ser acelerado al límite de la capacidad hidráulica de la máquina. Las inyecciones rápidas reducen la viscosidad del plástico fundido y mantienen abiertos los canales de flujo. El beneficio global con la mayor velocidad puede ser de 20%. Asegúrese de que los controladores le permitan disminuir la velocidad en el último 10 a 15% del recorrido, para prevenir la descarga violenta del material.

Ej.: Servo inyector controlados por familia de válvulas servo y controladores retroinformados por velocidad y presión en tiempo real. Investigue sobre la nueva concepción de inyectar por debajo de la reologería del material.

# 24

**Flexión de los platos de la prensa.** Para competir en precios, los fabricantes de máquinas, se ven forzados a rediseñar platos menos rígidos, esto lleva un pandeo de los mismos que

son absorbidos por los moldes, creando rotura o demoras en movimientos de noyos y expulsores y ... Luego la queja al matricero que no tiene nada que ver.

## 25

**Asegúrese de que el tiempo de mantenimiento no sea muy largo.** Esta es la razón número uno por la cual se excede el tiempo de ciclo en el campo de trabajo. La mayoría de los moldeadores no saben cuál debe ser el tiempo de mantenimiento, pero un sensor de presión en la cavidad puede remediar el problema. El sensor informará cuál es la caída de presión en la cavidad en el momento en que se congela la resina en la entrada. Si el tiempo de espera sobrepasa este punto, "estará sobreinyectando el canal y no el producto".

## 26

**Elimine el recorrido innecesario de expulsión.** Una forma de hacerlo es mediante equipos de visión para asegurarse de que el producto ha salido del molde. Estos aparatos pueden detectar en fracciones de segundos si el producto ha sido expulsado, antes de que caiga libremente desde el molde.

---

**Asegúrese  
de que el control de inyección  
le permitan disminuir  
la velocidad en el último  
10 a 15% del recorrido  
para prevenirla descarga violenta  
del material.**

---

\* SOLUCIONES EN EL MOLDE

## 27

**Invierta en simulaciones de llenado y enfriamiento del molde antes de comprarlos.** Estas pueden predecir las velocidades de llenado y enfriamiento del molde, entre otros elementos de diseño del mismo. "La simulación ayuda a evaluar los efectos sobre el tiempo del ciclo del producto con paredes de espesor reducido, optimizando la distribución de los canales de enfriamiento o la conversión a un sistema de colada caliente".

# 28

**Trate de adquirir moldes con expulsión incorporada.** Esto reducirá el tiempo de cambio del molde y evitará recorridos innecesarios de las barras expulsoras.

# 29

**En moldes de gran cavidad, no corrija el enfriamiento de los picos con un circuito en serie** porque los picos al final del circuito operarán más calientes que los ubicados al comienzo. Esta diferencia de temperatura puede alargar los ciclos en 1 ó 2%.

# 30

**En lo posible emplee picos con válvulas en los sistemas de colada caliente.** Esta forma de picos recorta el tiempo del ciclo porque la máquina puede comenzar a plastificar una vez que las válvulas se hayan cerradas.

# 31

**Evite errores comunes en el diseño de los picos.** Los picos muy pequeño hacen más difícil el llenado de los moldes y adicionan exceso de cizallado a la resina fundida. Esto, a su vez, retarda el enfriamiento y puede degradar el material.

# 32

**Evite los diseños de moldes que dejan volúmenes muertos de material entre los subpuertos y los puntos de eyección.** "Estos volúmenes pueden llegar a tener el doble del espesor de la pared del producto y demoran el proceso de enfriamiento".

# 33

**El empleo de picos múltiples para llenar una cavidad puede reducir sustancialmente el tiempo del ciclo.** Utilice la tecnología de inyección secuencial.

# 34

**Cuando use picos múltiples para llenar una cavidad larga, emplee picos que se activen en forma consecutiva** también se denomina moldeo en cascada o inyección secuencial para lograr más reducciones en el tiempo del ciclo. Recomiendo que el equipo de control para la apertura de los picos dialogue con la temperatura del molde y con la máquina.

**"La simulación ayuda a evaluar los efectos sobre el tiempo del ciclo de productos con paredes de espesor reducido optimizando la distribución de los canales de enfriamiento o la conversión a un sistema de colada caliente".**

## 35

**Emplee gas para lograr interiores huecos con secciones gruesas.** El gas de apoyo en moldeo por inyección no solamente sirve para reducir el peso del producto o para mejorar la rigidez de este; podría ser usado con el único propósito de reducir el tiempo del ciclo al eliminar la necesidad de enfriar partes muy gruesas de material. así lo hizo recientemente un productor de electrodomésticos y logró aumentos en la productividad del orden de 30% con esta técnica muy buena, que hemos recomendado y asesorado.

**\* ASPECTOS DE LAS RESINAS**

## 36

**Los moldeadores de nylon y poliéster no deben operar con un secado inapropiado.** Es común ver moldeadores que compensan el secado incompleto de las resinas con tiempos de ciclo más largos. Pero a plazo es más barato y mejor el trabajo de secado de manera apropiada con secadores.

## 37

**Realice un mantenimiento regular al secador. Renueve la cámara de disecante.** "No es suficiente que el secador esté soplando aire caliente para pensar que está operando correctamente. El punto de rocío puede estar demasiado alto". Lo mismo se aplica a los filtros del secador. "Si los finos y el polvo entran a la cámara caliente del disecante, esta puede perder su efectividad".

# 38

**Materiales consistentes llevan a un ahorro en el tiempo del ciclo**, de acuerdo con varios proveedores de resinas, el material procesado debe tener propiedades homogéneas para eliminar pérdidas de tiempo por ajustes del proceso.

Es importante realizar pruebas de laboratorio antes de poner el material en la maquina.

# 39

**En lo posible, use resinas de mayor índice de fluidez.** "Una mayor fluidez llega a ciclos más rápidos porque se puede operar a menor temperatura y alcanzar la temperatura de expulsión más rápidamente".

# 40

**Un agente de soplado endotérmico puede recortar el tiempo del ciclo, aún en productos no espumados.** El CO<sup>2</sup> presurizado se disuelve en la resina fundida y actúa como un reductor de viscosidad, permitiendo recorridos más largo y una menor temperatura de resina fundida. A medida que el producto se encoge, el gas también absorbe calor, enfriando el producto desde adentro. Se puede reducir el tiempo del ciclo hasta en 5 a 10%.

\* LOS ROBOT DAN LA MANO

# 41

**La conversión de la operación semiautomática puede generar ahorros importantes en el tiempo del ciclo.** Los usuarios de robots obtienen reducciones en el tiempo del ciclo entre 15% y 30% del valor más típico. Los tiempos que los operarios dedican a una cantidad de pequeñas actividades no relacionadas llegan a sumar cantidades realmente significativas.

# 42

**Los robots reducen el tiempo de enfriamiento.** Muchas partes de pared delgada y otras que se dañan con facilidad cuando todavía están calientes, requieren un tiempo extra de enfriamiento. Se estima que 2 ó 3 segundos pueden ser recortados del tiempo ciclo cuando un robot puede asegurar un manejo apropiado de estas partes frágiles en caliente.

# 43

**Si las operaciones manuales secundarias están retrasando la operación de la máquina, un robot puede ser de utilidad.**

He visto reducciones en el tiempo del ciclo de 5 a 15% como resultado de sustituir al operario con un robot para realizar aquellas maniobras secundarias manuales que retrasaban la operación de la máquina inyectora.

# 44

**Los robots son más rápidos que la caída libre del producto desde el molde.**

Algunos de los robots de alta velocidad con entrada lateral y especializados en el manejo de partes, como un transportador móvil, pueden ahora y ganar en velocidad al sistema de eyección por caída libre del producto desde el molde. La ventaja del robot puede ser pequeña, de cerca de 0.2 segundos, pero es representativa cuando se suma a los demás beneficios que trae la robótica.

\* VELOCIDAD DESDE EL DISEÑO

# 45

**Elimine las secciones pesadas en los productos.** En su lugar use costillas o centros sin exceso de material. Tampoco sobrediseñe las costillas. Hay reglas generales de diseño bien conocidas para que estas resulten delgadas pero fuertes.

# 46

**Haga paredes más delgadas.** El moldeo de pared delgada puede tener sus propios retos, pero reducir el espesor de las paredes tiene un efecto muy grande sobre el tiempo del ciclo.

El tiempo del ciclo en el moldeo de pared delgada puede ser un tercio de aquel de las piezas comparables y trabajadas por los métodos convencionales. Estimo que una pieza de espesor de 3mm con un tiempo de ciclo de 40 segundos puede ser fabricada por debajo de 20 segundos si la pared se puede hacer de 1 mm de espesor.

# 47

**No ahorre en los ángulos de salida.** "Me sorprende ver cómo muchos moldes no tienen suficiente ángulo de salida para el producto". Una buena regla general, es usar al menos  $0.5^\circ$  en cada lado del producto, aunque es preferible tener de  $1.5$  a  $3^\circ$ .

## 48

**Las faltas de mantenimiento más simples pueden afectar el tiempo del ciclo.** He visto numerosos casos de termocuplas descompuestas o mal ajustadas que causan calentamiento excesivo y por último producen un alargamiento en el tiempo del ciclo. "Los casos más simples de mantenimiento pueden afectar el ciclo; asegurándose de que cada parte de la máquina y los equipos auxiliares operan y son mantenidos en forma apropiadas. Recomiendo generar un procedimiento de control antes de subir el molde a la máquina.

## 49

**Mantenga un control de proceso riguroso.** "Inestabilidades en el proceso llevan a ciclos más largos". Se requiere tiempo para corregir las fluctuaciones de cualquier variable del proceso, ejemplo: Instale un control estadístico de proceso, y antes de comprar la máquina solicite al fabricante por escrito un dato muy importante: "aptitud de máquina" que deberá estar por arriba de 1,75 CPK.

## 50

**Realice mantenimientos programados con personal técnico apropiado y no los abandone..** He observado que muchas empresas han reducido la inversión del mantenimiento. Lo que se logra con este hecho es que se disminuye la probabilidad de vida de los componentes, acortando la vida útil de la máquina y su comportamiento errático aumentará, disminuyendo la capacidad real productiva.

Un consejo vaya interiorizándose con la nueva generación de máquinas inyectoras eléctricas... si totalmente eléctricas sin aceite, es el futuro.

Victor S. Catania  
Técnico Superior Proceso  
ST AUTOMATISMO INDUSTRIAL  
Director