

Consejos para el Diseño de Moldes de Transferencia Termoendurecida

Al diseñar un molde para una pieza moldeada por transferencia, es importante mantener en mente que la meta es producir las piezas de calidad en un ciclo tan corto como sea posible con un mínimo de chatarra. Para lograr esta meta, necesitará un molde que tenga una temperatura de molde uniforme, que tenga un relleno equilibrado y que esté ventilado adecuadamente.

CALENTAMIENTO DEL MOLDE

Una **temperatura de molde uniforme** significa que la temperatura de cada mitad del molde es la misma (dentro de $\pm 3^{\circ}\text{C}$ (5°F) para todas localizaciones cuando se calienta el molde por aceite o vapor. Los moldes que están calentados con calentadores de cartucho eléctrico pueden variar tanto como 6°C (10°F). Un molde con una temperatura uniforme se llenará más fácilmente y producirá las piezas con menos deformación, una mejor estabilidad dimensional y una apariencia de la superficie uniforme. El lograr una temperatura de molde uniforme depende de su método de calentar el molde.

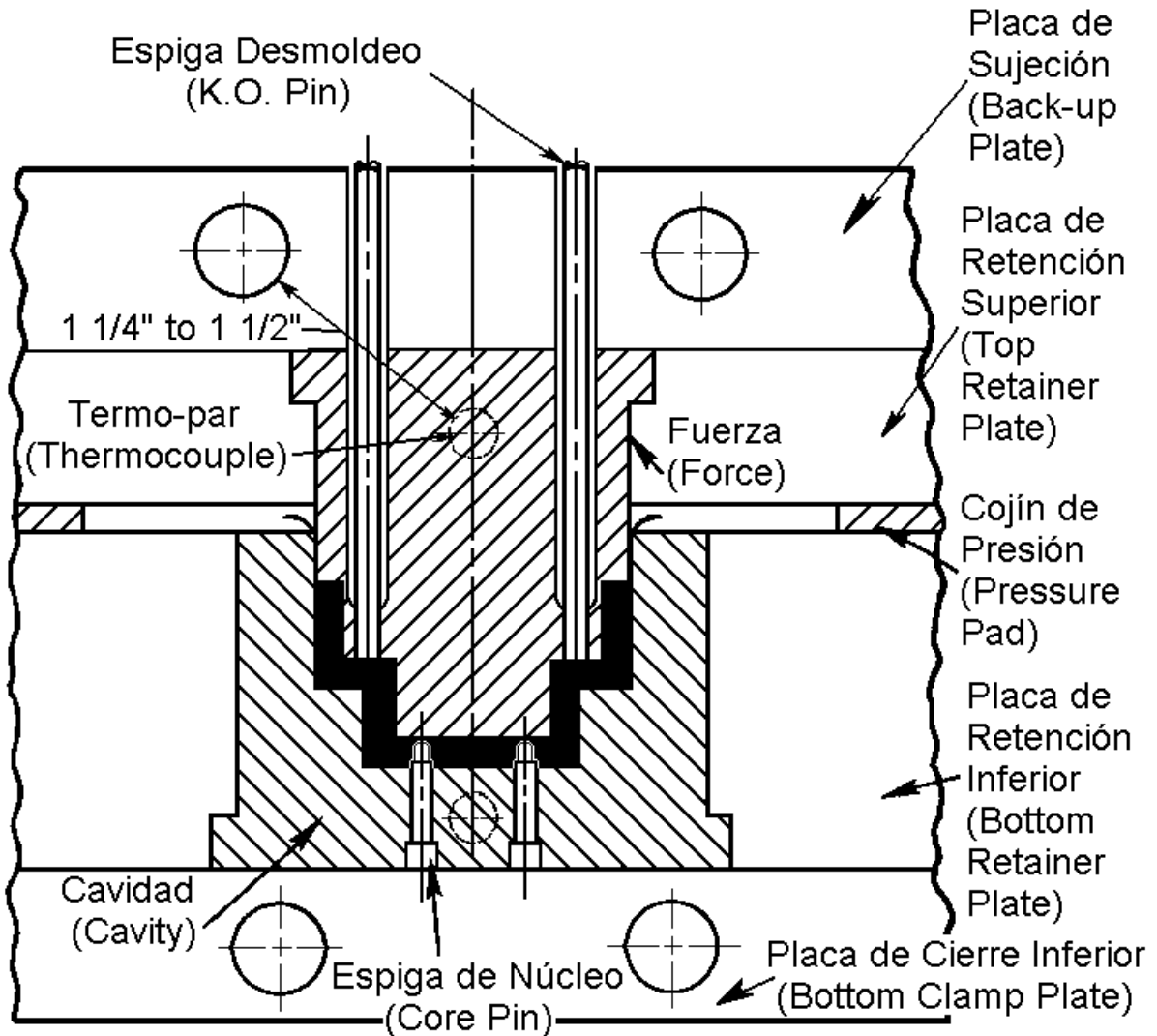
Un molde que está **calentado** por **vapor** o **aceite** tendrá una temperatura de molde uniforme porque la fuente de calefacción mantiene una temperatura constante. Sin embargo, el aceite como fuente de calefacción, sólo es alrededor de la mitad de eficiente que el vapor. Por lo tanto, cuando se usa el aceite para calentar un molde, es necesario poner la temperatura del aceite más alta que la temperatura deseada del molde.

Los moldes que están **calentados eléctricamente** son más difíciles de mantener a una temperatura uniforme porque los calentadores de cartucho están constantemente ciclando conectados y desconectados. Cuando están conectados producen una gran cantidad de calor en la fuente pero este calor tiene que ser distribuido por el molde entero de manera que produzca una temperatura de molde uniforme.

Para determinar la cantidad de vataje necesario para calentar un molde, el uso de la siguiente fórmula puede ser útil: **1¼ kilovatios para cada 45 Kg (100 libras) de acero de molde.** (Nota: Esta fórmula normalmente permitirá que el molde se caliente a las temperaturas de moldeo en 1 a 2 horas.)

Localizar un calentador en la línea central del molde no está recomendado porque el centro del molde normalmente está bastante caliente sin añadir ningún calor adicional.

Típicamente, los **calentadores de cartucho** están posicionados en las placas de soporte, con una distancia de 65 mm (2 ½") entre calentadores. **NOTA:** Puede que los moldes de estiraje profundo también necesitan tener calentadores en la placa de retención. Debería haber un mínimo de un **termopar** para controlar cada mitad del molde. En los moldes más grandes se recomienda tener más de un termopar en cada mitad del molde. Esto resultará en mejor control y en una temperatura más uniforme de molde. Los **termopares** deberían estar localizados en las placas "A" y "B," entre dos calentadores si es posible y en una distancia de 32 - 38 mm (1¼" - 1½") desde el calentador de cartucho más cercano. Esta distancia debe ser medida desde el borde del orificio del termopar al borde del orificio del calentador de cartucho. La distancia desde el termopar al calentador es importante porque un calentador que está demasiado cerca hará que el termopar desconecte la calefacción antes de que el molde esté a temperatura apropiada. Un calentador que esté demasiado lejos del termopar resultará en un molde que sobre calienta y luego se pone demasiado frío. Igualmente, no es buena práctica colocar el termopar para que así sienta la temperatura externa de la superficie del molde. Si es posible, debería estar posicionado de 38 - 51 mm (1½" - 2") en el interior del molde, puesto que la temperatura tomada allí, es menos susceptible a las influencias exteriores y por lo tanto es más estable.



VENTILACIÓN

Mientras se moldean los materiales termoendurecibles, ocurre el proceso de polimerización que produce volátiles, que junto al aire que ya está dentro de la cámara de cavidad, puede quedar atrapado y sobrecalentarse de 375° - 425°C (700° - 800°F). Si los gases no pueden escapar por las aberturas, pueden oxidarse los lubricantes dejando **marcas de quemadura** en la pieza. Las aberturas permiten que los volátiles escapen hasta la atmósfera. Además de los problemas visuales, la ventilación inapropiada resultará en piezas que no pueden ser llenadas; que tienen problemas de dimensión o tienen menos que las fuerzas esperadas físicas y /o eléctricas.

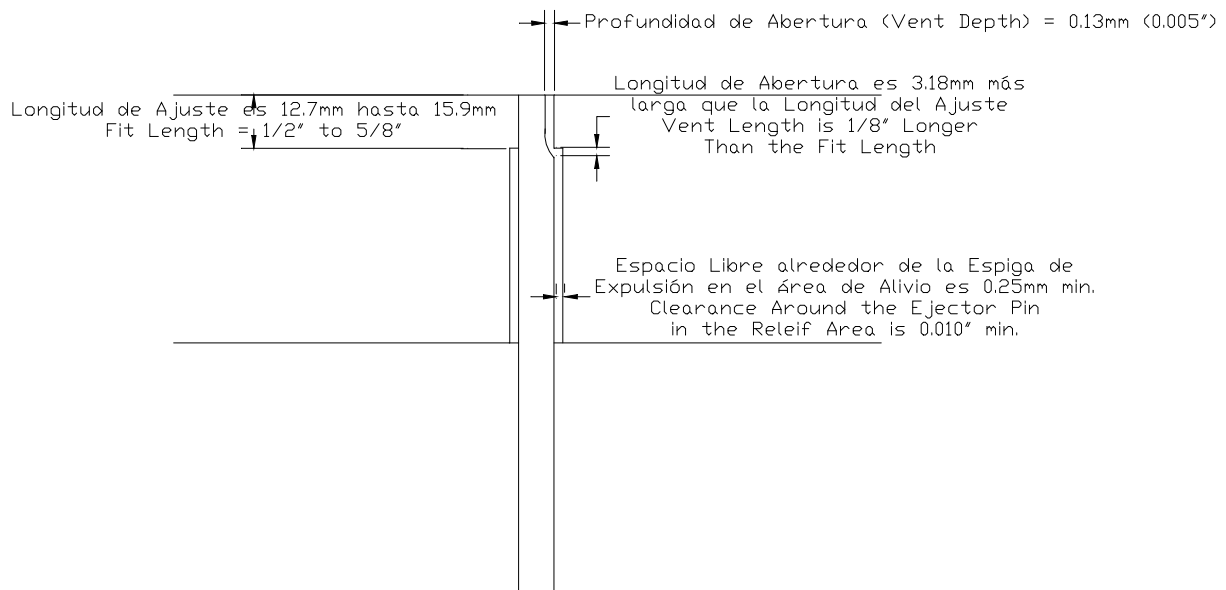
La primera cuestión que tiene que ser estudiada es **la posición de la abertura**. Es importante que todas las aberturas conduzcan hasta la atmósfera sino la abertura será inútil. A menos que la geometría de la pieza muestre algunas localizaciones obvias para las aberturas, una prueba breve de moldeo debería hacerse para observar dónde ocurren los huecos de gas. Dondequiera que sea posible, **las aberturas** deberían estar posicionadas en la mitad móvil del molde, allí donde se vea un hueco de gas o una línea de punto está vista en la pieza.

Las aberturas para las piezas fenólicas deberían ser de 6 mm ($1/4''$) anchas y de 0.08 - 0.09 mm ($0.003'' - 0.0035''$) profundas y **las aberturas para piezas poliésteres** deberían ser de 6 mm ($1/4''$) anchas y de 0.05 - 0.06 mm ($0.002'' - 0.0025''$) profundas. La anchura no es tan crítica como la profundidad. Las aberturas deberían cortarse inicialmente a la profundidad mínima recomendada para el tipo particular de material de moldeo que se procesará en el molde.

Igual importancia que la posición y la profundidad de las aberturas tiene la **longitud de la abertura**, que es la distancia desde la pieza que la abertura mantiene su profundidad. La abertura debería tener aproximadamente 25 mm ($1''$) de largo para permitir que la presión aumente en la cavidad después de que el material en la abertura cure. Después de este punto la abertura puede ser aliviada hasta una profundidad de 0.25 - 0.50 mm ($0.01'' - 0.02''$). Para ayudar a mantener la abertura con la pieza, el ángulo de la abertura en el borde de la pieza puede ser redondeado o achaflanado.

Luego se fabrica un molde de prueba para determinar si el molde cierra completamente en esta profundidad mínima de abertura. Si el molde se mantiene abierto porque las aberturas congelan sellando cualquier material excesivo en la cavidad, entonces será necesario aumentar la profundidad de las aberturas hasta que el molde pueda cerrar completamente. Es importante que no haga las aberturas demasiado profundas porque puede que no sellen y como resultado, la presión de la cavidad interna será baja y puede que el encogimiento, las propiedades físicas y eléctricas no igualen los valores de las hojas de datos.

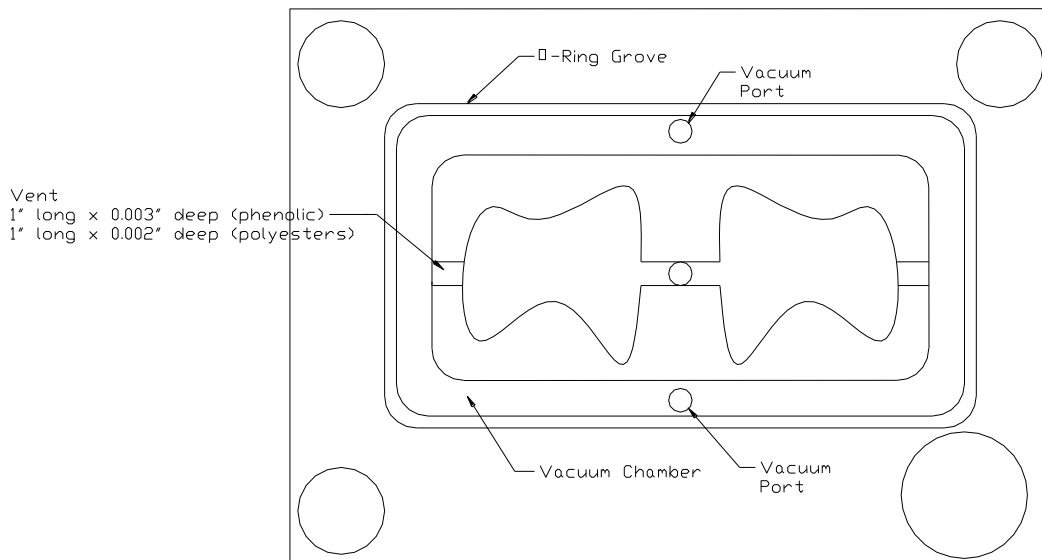
Algunas veces es necesario ventilar las áreas "muertas" del molde con **espigas de expulsión ventiladas**. Antes de añadir las aberturas, debería ajustar una espiga de expulsión en el hueco en que operará en los 0.025 mm ($0.001''$). Entonces se afilará una parte plana en el diámetro no más profundo de 0.13 ($0.005''$) por una distancia que ocupará la abertura 3 mm ($1/8''$) por debajo del ajuste longitud de la espiga. Normalmente, el ajuste de longitud debería ser de 13 - 16 mm ($1/2'' - 5/8''$) de largo. (Vea el dibujo abajo). Además, la carrera de los expulsores debería ser lo bastante larga para la abertura entera más unos 3 mm ($1/8''$) para venir hacia arriba desde del fondo de la cavidad. Esto es para que la abertura pueda autolimpiarse o que el operador pueda quitar las rebabas de las espigas.



Algo que se olvida con frecuencia en la ventilación es el pulimento. Se recomienda que todas las aberturas sean **pulimentadas por estiraje** en la dirección del flujo hasta **al menos** el mismo acabado que las cavidades y núcleos. Se recomienda que todas las aberturas sean **pulimentadas por estiraje** en la dirección del flujo hasta **al menos** el mismo acabado así como las cavidades y núcleos. Deberían ser pulimentadas por su longitud entera incluyendo la distancia suprimida. Si el molde tiene que ser chapado en cromo, todas las **superficies de moldeo** deberían ser pulimentadas y chapeadas incluyendo las aberturas

Ventilación por Vacío

Algunos diseños de piezas son difíciles ventilar a causa de "bolsas muertas" o por otras razones. También, algunos materiales, como por ejemplo los poliésteres termoendurecidos, son difíciles de ventilar adecuadamente usando los métodos de ventilación convencional. En estas situaciones la ventilación por vacío es una buena opción para considerar.



En un molde ventilado por vacío, se sellan las cavidades dentro de una cámara de vacío con una junta tórica u o-ring. Un vacío de al menos 21 pulgadas de Hg luego se está aspirado en las cavidades. **NOTA:** Una bomba de vacío tipo Ventura **NO** podrá obtener este nivel de vacío en las cavidades.

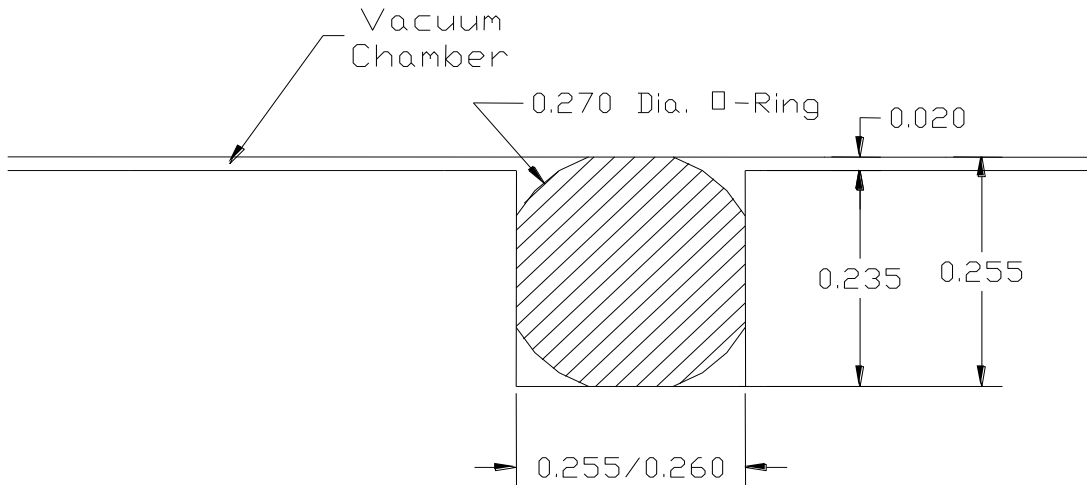
Para verificar la cantidad de vacío presente en las cavidades del molde, sugerimos cerrar el molde, insertar un tapón en el pote de transferencia, colocar un medidor de vacío en el tapón, activar el vacío y luego regular cuánto tiempo toma para alcanzar la lectura de máximo vacío. Esta información del tiempo se usa para establecer la demora de la transferencia para que así una vez que se aspire el vacío, el compuesto de molde puede transferirse en las cavidades. **NOTA:** Al tener un tanque acumulador en el sistema de vacío disminuirá significativamente la cantidad de tiempo necesario para evacuar las cavidades.

Como puede ver en el dibujo, los puertos de vacío están ubicados tan lejos de las aberturas como sea posible. Esto es para evitar que el material se aspire por las aberturas y que obture un puerto de vacío. El segundo puerto de vacío es un respaldo, en caso de que el puerto original se bloquee u obture. **NOTA:** El sistema de vacío necesita un filtro en línea entre el molde y la bomba de vacío para atrapar cualquier volátil que pudiera obturar o dañar la bomba.

Un material de junta tórica u o-ring que hemos usado exitosamente es la goma de silicona de alta temperatura que tiene un durómetro de 60 a 70. Una fuente de este material es McMaster Carr. Otra fuente es Apex Molded Products Comapany, 3574 Ruth St., Philadelphia, PA 19134-2094 y su número de teléfono es (215) 289-4400 ó (800) 221-8921.

Un dibujo para una ranura de o-ring se muestra abajo y está diseñada para sostener el o-ring en su lugar y evitar que separe del molde con cada carga.

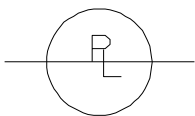
NOTA: El diámetro mostrado en el dibujo abajo es 0.270". Sin embargo, otros diámetros pueden ser usados, siempre y cuando se mantengan las proporciones de las dimensiones del canal a la dimensión del o-ring.



Si tiene cualquier pregunta sobre el diseño de la ranura o cómo la ventilación por vacío puede ser incorporada en una molde actual, por favor póngase en contacto con el Grupo de Servicio Técnico de Plastics Engineering Company.

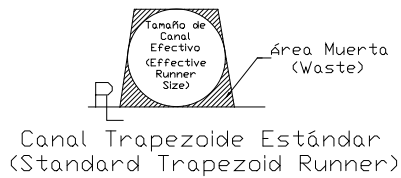
CONSEJOS ADICIONALES PARA DISEÑOS DE MOLDES

Diseño de Canal – Al diseñar canales para moldes, hay un número de aproximaciones posibles. Estas incluyen el **redondo completo** estándar con una línea central.

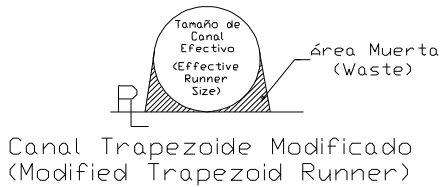


Canal Redondo Completo
(Full Round Runner)

Este es el canal más eficiente, pero en algunos casos es necesario para el canal sólo estar en una mitad del molde. Véase el dibujo a la izquierda.



Un **canal trapezoide** estándar es usado con frecuencia en situaciones que requieren que el canal esté solamente en una mitad del molde. El tamaño efectivo del canal se muestra en el dibujo a la izquierda. Los cuatro rincones se convierten en áreas “muertas” con casi ningún movimiento de material. Véase el dibujo a la izquierda.

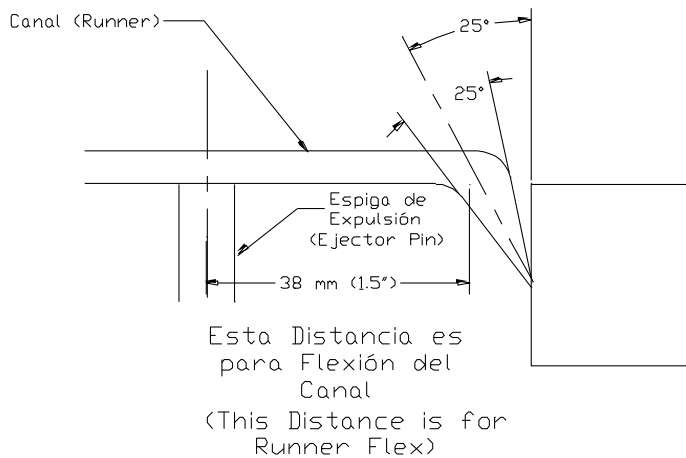


Para reducir la cantidad de chatarra en el canal, se sugiere un diseño de canal **trapezoide modificado**. Este diseño reduce las áreas muertas sin un cambio significativo en la eficacia del canal. Véase el dibujo a la izquierda.

Entradas – Las entradas para moldes termoendurecidos son áreas de alto desgaste del molde y por lo tanto, necesitan diseñarse con esto en mente. La entrada debería hacerse usando una inserción reemplazable así cuando la entrada está muy desgastada puede ser fácilmente reemplazada. Una entrada debería ser hecha de materiales que no se desgasten fácilmente. Tres materiales comúnmente usados para las inserciones de las entradas son carburo, acero D-2 y acero de partículas CPM-10V hecho por Crucible Steel.

Además al insertar la entrada, es beneficioso insertar el molde opuesto a la entrada y al área de intrusión en la cavidad. Estas áreas también son áreas de alto desgaste y necesitarán algún mantenimiento mientras se utiliza el molde.

Cuando se diseñe un **borde de entrada** para materiales termoendurecidos, la anchura de la entrada puede ser tan pequeña como 1.5 mm ($1/16$ ") pero la profundidad de la entrada no debería ser menos de 1.3 mm (0.050"). Una entrada debería ser lo bastante grande para llenar sin usar presiones excesivas de transferencia o requerir largos tiempos de transferencia. Los tiempos de transferencia de 3-8 segundos y presiones de 7.6 MPa (1,100 psi) o menos son deseables. Evite usar entradas múltiples en las piezas para minimizar el número de líneas de punto. Una **línea de punto** se crea cuando reúne dos frentes del material. Las líneas de punto son más débiles que el resto de la pieza porque no hay tanto crosenlace que pase a través del punto como lo hay en el cuerpo principal de la pieza. Para mantener una fuerza completa de las piezas tan alta como sea posible, el número de líneas de punto debería mantenerse al mínimo.



Una segunda clase de entrada que se usa extensamente en el procesamiento de materiales termoendurecidos de moldeo es la **subentrada**. Esta clase de entrada algunas veces se refiere a una **entrada de túnel**. La ventaja de una subentrada es que corta mientras la pieza es expulsada del molde. Como resultado, no hay una necesidad para una operación secundaria para quitar la entrada ni existe ninguna

preocupación de que la entrada proyectará de la pieza y será un problema de montaje o visual. Además de la característica de eliminación de la entrada, la subentrada algunas veces puede estar diseñada para dirigir el flujo de material hacia una ubicación que es difícil llenar. De esta forma, la pieza puede ser hecha más fácilmente para llenar, lo cual puede tener un efecto positivo en los tiempos del ciclo y las razones de chatarra. El tamaño de la entrada depende del tamaño de la pieza. Típicamente 0.13mm (0.050") puede ser usado para las pequeñas piezas y 0.20mm (0.080") para las grandes. Hay algunos problemas asociados con el uso de subentradas, entre los que se incluyen:

- La punta de la entrada se rompe y se pega al molde. Esto es especialmente verdad para los materiales poliésteres de moldeo y por lo tanto el uso de subentradas en los moldes para piezas de poliéster no se recomienda.
- Es demasiado fina la cantidad de acero en la línea de separación arriba de la entrada que resulta en que el metal se desgaste muy pronto después de que el molde empieza a producir piezas.

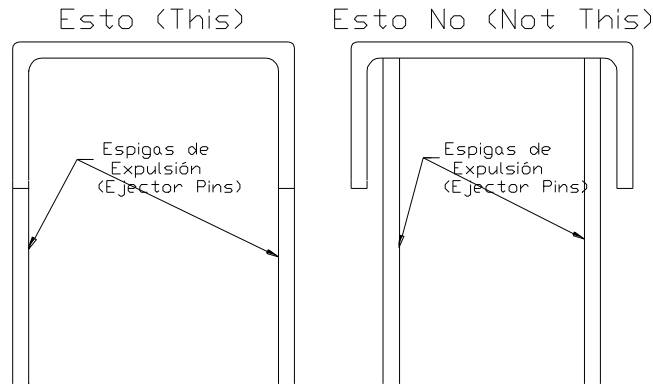
Para reducir la probabilidad de que se rompa la punta de la entrada y de que se pegue al molde, el túnel necesita ser bien pulimentado así como hay que quitar todas las picaduras EDM. Al posicionar una espiga de expulsión al menos de 38 mm (1½") desde el túnel permite que flexione el canal y saque la entrada del molde sin romper. También es importante diseñar el túnel de modo que el ángulo de incidencia con la pieza permita que la entrada tire pero mantenga suficiente grueso del acero en la línea de separación para prevenir la rotura. Véase el dibujo para más clarificación de cómo diseñar una subentrada.

Los desarrollos recientes en el moldeo termoendurecido han mostrado que una pieza puede ser moldeada por transferencia con casi todas las señales de que ya no está la entrada. Esto se hace usando un **cortador de entrada**. Un cortador de entrada es una paleta o una espiga que está posicionada en el molde directamente abajo de la entrada. Inmediatamente después de inyectar el material en la cavidad, esta paleta avanza hacia delante para obturar la entrada. Una vez que la paleta está en la posición adelantada, el material lo cura contra, produciendo el mismo acabado que el resto de la pieza. El único indicio visible de la entrada es una línea de presencia.

Cavidades y Núcleos – En casi todos los moldes, se fomenta el uso de **cavidades insertadas** y **núcleos**. La razón principal de esto es que en el caso de que una cavidad individual o núcleo esté dañada, esta cavidad en particular puede ser quitada del molde y reparada mientras el resto del molde está restituído al servicio. Tener las cavidades individuales también permite que los cambios de inserción hagan posible la fabricación de versiones múltiples de la misma pieza básica simultáneamente. Cuando las piezas son muy pequeñas y hay un gran número de cavidades, las inserciones de cavidad individual quizás no sean factibles. En estas situaciones, sugeriríamos usar las inserciones de cavidad de 3 ó 4 cavidades. Los materiales usados más comúnmente para las inserciones de cavidad son H-13 y S-7. Ambos de estos materiales endurecerán al Rockwell 52 y 54 Rc y pueden ser pulimentados para producir un acabado superficial excelente en las piezas.

Posición y Diseño de Espiga de Expulsión – Sin espigas de expulsión usualmente no es posible quitar la pieza moldeada del molde. La colocación de las espigas de expulsión es casi tan importante como la colocación de la entrada. Las espigas deberían empujar la pieza del molde sin deformarla y sin dejar una marca indeseable en la pieza. Una segunda razón para tener las espigas de expulsión es ayudar a la ventilación en el molde.

La espiga de expulsión debería estar posicionada en las puntas más profundas de la cavidad o núcleo. Específicamente sugerimos que las espigas de expulsión estén posicionadas en las puntas más profundas de las nervaduras y protuberancias. Si las espigas de expulsión no están posicionadas correctamente, la pieza tiene que ser “tirada” de las áreas más profundas del molde. Es más probable que las piezas que tienen que ser “tiradas” del molde se peguen o que se deformen durante la expulsión. (Véase el dibujo abajo).



Una vez que la posición de las espigas de expulsión esté determinada, el tamaño de las espigas necesita ser decidido. Las **espigas de expulsión con diámetros** muy pequeños pueden ser problema a causa de que son susceptibles de romperse. Por lo tanto, las espigas de expulsión más pequeñas en diámetro de 2.4 mm (3/32") no son recomendadas. Otro problema común es el material que fluye hacia abajo y alrededor la espiga de expulsión y que se atasca de manera que se rompe cuando se activan los expulsores. Para evitar que esto ocurra, el agujero para la espiga solo debería ser 0.025 mm (0.001") más grande que la espiga para una profundidad de 13 – 16 mm (1/2" – 5/8") desde la cavidad. Hacerlo para más profundidad puede resultar en que la espiga se adhiera y se rompa.

Para asegurar que la placa de expulsión se mueve por la línea central de las espigas de expulsión, se sugiere que el molde esté equipado con un sistema de expulsión guiada. Además de alinear los expulsores, el sistema de expulsión guiada mueve la carga de la placa de expulsión y la placa de retención desde las espigas de expulsión hasta las espigas de guiar y los manguitos del sistema de expulsión. Aunque es importante alinear los agujeros de expulsión en el molde con los de la placa de retención siempre con un sistema de expulsión guiada la alineación es todavía más importante.

Aunque es deseable tener las espigas de expulsión posicionadas en superficies planas, esto no siempre es posible. Algunas veces es necesario posicionar las espigas de expulsión en las superficies contorneadas. Las espigas de expulsión posicionadas en las superficies contorneadas deberían ser igualadas con el contorno de la cavidad. Será necesario enchavetar estas espigas para que así mantengan su alineación con el contorno de la cavidad.

Pulimentar y Chapear – La tendencia ha sido acortar la **pulimentación** porque el costo es alto. Los moldes están hechos de modo que ya muestran las marcas de cortar en las áreas no visibles de las piezas. Aunque esta práctica ahorra dinero en la construcción del molde, puede aumentar los costos de la pieza debido a la chatarra alta y el tiempo muerto. Las **áreas sin pulimento** generarán calor de fricción en el material cuando pase sobre estas áreas. Este calor adicional puede hacer que el material cure antes de llenar la pieza. Estas áreas sin pulimento pueden cambiar el modelo de llenar del material, lo que puede resultar en quedar atrapado el gas en localizaciones que no pueden estar ventiladas. Por estas razones, se sugiere que todas las superficies de moldeo sean pulimentadas a una mínima tasa de SPI#2. Las **superficies del moldeo para ser pulimentadas incluyen** las cavidades y núcleos, las aberturas, las entradas, los canales, el pote de transferencia y la línea de separación entera. La razón para pulimentar la línea de separación es asegurar que cualquier rebaba que pueda ocurrir en la línea, se desprenderá del molde con una mínima fuerza. Cuando se pulimente un molde, debería tomar cuidado para asegurarse que se pulimenta siempre en la dirección del estiraje. Las aberturas necesitan ser pulimentados en la dirección del flujo de material y deberían tener el mismo grado de pulimento que la cavidad y el núcleo. Las superficies planas que no tienen influencia en la extracción de la pieza pueden ser pulimentadas en cualquier dirección. Cuando pulimente las nervaduras profundas que fueron cortadas usando el procesamiento de MDE, es importante estar seguro pulimentar todas las marcas de picaduras de MDE. Por otra parte, puede ser un problema con el hecho de que la nervadura se rompa y se pegue al molde.

Después de que el molde esté completamente pulimentado, entonces está listo para ser **chapeado**. Mantenga en la mente por favor que cualquier defecto en la superficie del acero no será cubierto chapeando, pero estará acentuado por el defecto. Aunque hay un número de diferentes tipos de chapa disponibles, hasta hoy, los **moldes chapeados de cromo** proporcionan la mejor liberación de piezas y con el mejor acabado de pieza. Puesto que algunos materiales tienen rellenos que son incompatibles con el níquel, el uso de níquel o níquel no-electro para chapear las superficies de moldeo no está recomendado. Además, la chapa de níquel carece de la resistencia de desgaste de la chapa de cromo

Las **superficies que han de ser chapeadas deberían incluir** los núcleos, las cavidades, las espigas de núcleo, los extremos de las espigas de expulsión, los bloques del canal, las aberturas, y la línea de separación entera. Para proteger las superficies de moldeo y asegurar una buena liberación de la pieza, es necesario chapear todas las superficies que estaban pulimentadas. Después de chapear el molde, será necesario **repulimentar** el cromo porque la chapa de cromo sin pulimentar puede pegarse.

Soportes centrales – A menudo encontramos que los moldes contruidos para materiales termoendurecidos tienen poco o ningún soporte en el centro. Esto resultará en fuerte rebaba alrededor del bebedero y piezas que varían de grosor del lado del bebedero al lado opuesto. Para solucionar este problema sugerimos instalar pilares de soporte sustancial a largo del centro del molde entre los paralelos (50.8mm (2") de diámetro si es posible).

Centraje alto en el molde – Algunas veces el centro de un molde tendrá fuerte rebaba incluso con un buen soporte central. En estos casos puede que sea necesario hacer lo que llamamos "Levantamiento abovedado del molde". Esto se realiza colocando una cuña de 0.0508mm – 0.0762mm (0.002" ó 0.003") en los pilares de soporte en el centro del molde, lo que hará que el lado móvil del molde sea un poco abovedado.

Cierres laterales – Cualquier molde donde el mantenimiento de la alineación de las mitades del molde es esencial para cumplir los requisitos de calidad de la pieza requiere cierres laterales no cónicos. Deberían colocarse en todos los cuatro lados del molde. El diseño global de los cierres laterales de Progressive Components es muy bueno porque tienen un enganchamiento más largo y son más gruesos.