

50443

MOLDEO POR INYECCION A REACCION (RIM)

por: Alvaro Jaramillo y Javier Alexis Castillo
Profesionales CCA-ASTIN

DEFINICION

El moldeo por inyección a reacción, es un proceso que involucra la mezcla a alta presión de dos o más reactivos líquidos y la inyección de estos dentro de un molde, cerrado a baja presión. Con la tecnología RIM (Inyección a reacción), se han logrado tiempos de ciclo de dos minutos o menos en la producción de artículos largos con espesores de pared hasta de cuatro pulgadas.

MATERIAL

El material plástico usado es el poliuretano (PUR). Otros materiales usados son el nylon termoplástico, polyester y resinas epoxicas, etc.

CARACTERISTICAS

Las ventajas del proceso RIM sobre el proceso de inyección incluyen el moldeo de artículos de más de diez libras de peso. Estos pueden ser elaborados ya sea con espesores pequeños de pared debido a que las viscosidades del proceso son bajas o con grandes espesores de pared ya que el curado en cada parte de la pieza es uniforme.

El proceso típico de inyección a reacción, con poliuretano duroplástico involucra la mezcla precisa de dos componentes líquidos bajo alta presión dentro de un cabezal de mezcla estacionario.

Los componentes reaccionantes son homogeneizados en la cámara de mezcla e inyectados dentro de un molde cerrado, al cual va acoplado el cabezal de mezcla. El calor de la reacción de los componentes líquidos evapora el agente de soplado, empezando así la acción de espumado, la cual completa el llenado de la cavidad del molde. (Fig. 1).

El poliuretano moldeado reproduce fielmente las superficies del molde y tiende a adherirse a las paredes del mismo.

Originalmente fue necesaria la aplicación de agentes desmoldeantes con cada ciclo de la elaboración; si el molde no era recubierto con un agente desmoldante antes de la polimerización, la pieza se adhería al molde dificultando su extracción. Además una película permanecía en la superficie del molde, lo cual desmejoraba la apariencia del producto. Por estos inconvenientes la superficie del molde debe ser pulida a espejo y tratada con níquel, ya que este recubrimiento ha probado ser el más efectivo para la remoción del artículo.

En el moldeo por reacción-inyección el punto de arranque para el proceso de conversión son componentes químicos en estado líquido (monómeros, no polímeros). Estos componentes son dosificados exteriormente en cantidades adecuadas, mezclados e inyectados dentro del molde en donde se forma el producto terminado.

En realidad es una operación o reacción química y de moldeo combinadas en un solo sistema en el cual la materia prima no es un compuesto preparado pero

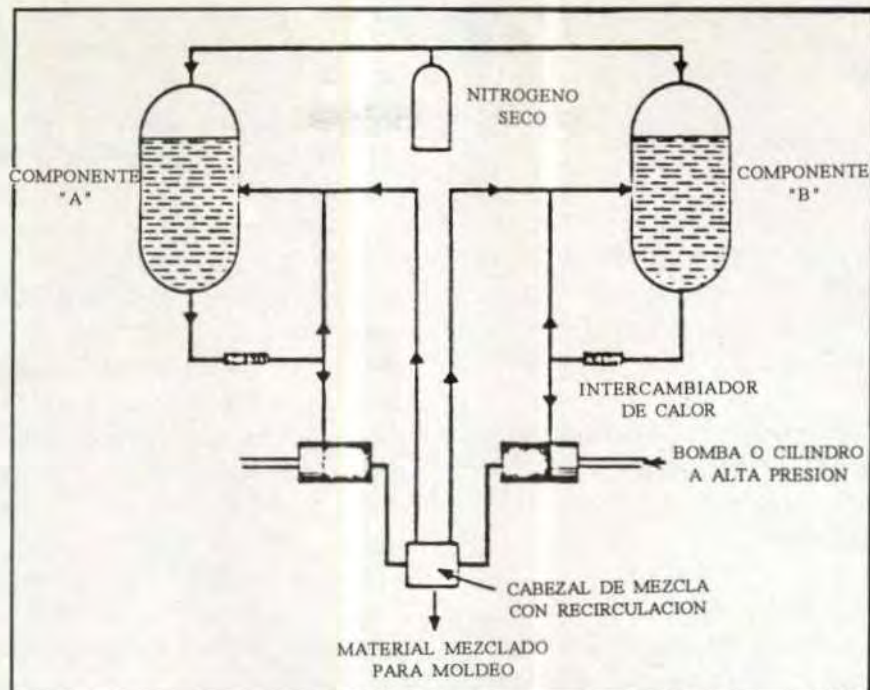


Fig. 1: Proceso esquemático del RIM.

sus ingredientes químicos formaran dicho compuesto, al final del proceso de moldeo del producto terminado.

Los componentes son muy catalizados para inducir a velocidades de reacción extremadamente altas. Los materiales que se prestan al proceso son uretano, resinas epóxicas, poliéster y otros que pueden ser formulados para satisfacer los requerimientos del proceso.

El éxito de la operación completa, dependerá de los siguientes conocimientos por parte del transformador:

1. La química de los dos componentes.
2. Cómo mantener los accesorios químicos en correctas condiciones de operación de tal manera que la mezcla que entra al molde produzca los resultados esperados.
3. El diseño del molde, como también la aplicación de métodos auxiliares que faciliten la extracción del producto y el buen funcionamiento del molde dentro de un tiempo de ciclo razonable, (por ejemplo: 2 minutos)

El proceso RIM es muy conservador en términos de consumo de energía. Debido a que las presiones internas en el molde no exceden normalmente los 100 psi, las fuerzas de cierre requeridas son substancialmente más bajas que las usadas en el moldeo por inyección convencional. Piezas inyectadas en poliuretano termoplástico que requieren fuerzas de cierre en el moldeo convencional por inyección de 2.500 a 5.000 toneladas pudieran reducirse a menos de 100 toneladas en el moldeo por inyección a reacción RIM.

El proceso RIM involucra la mezcla y dosificación precisa de dos componentes altamente catalizados de uretano líquido: polioli e isocianato. El polioli contiene la columna vertebral de poliéter, un agente de enlace y el catalizador. Un agente de expansión es incluido generalmente en cualquiera de los dos componentes:

polioli e isocianato. Posterior a la inyección de los químicos (Polioli e isocianato), el agente de expansión dilata el material para llenar el molde.

COMPONENTES PARA UNA PLANTA DE RIM

El molde

En vista de que uno de los objetivos finales del proceso RIM, es la producción de partes exteriores para la industria automotriz en tiempos de ciclo de dos minutos o menos, se han realizado grandes esfuerzos en la construcción y diseño del molde.

En la construcción de moldes para el proceso RIM, se debe tener presente que el acabado y calidad de la pieza son equivalentes al acabado y calidad de la superficie del molde mismo.

Una interpretación errónea y muy común es, que se pueden usar herramientas de baja calidad, debido a que las requerimientos de fuerza de cierre son relativamente bajos. Esto, es cierto solamente en lo que respecta a los requerimientos de presión de cierre para el molde. La experiencia ha demostrado que el acabado superficial de la pieza es una función directa del acabado del molde y que el acabado del molde es una función directa de la calidad del material con que se ha elaborado el molde mismo.

Se han obtenido excelentes resultados usando moldes en acero níquelado y capas de níquel formados por electrodeposición.

Para producciones de 50.000 unidades por año, un acero P-20 o H-13 sería el más apropiado, no solo por la naturaleza homogénea de estos aceros, sino también por sus excelentes capacidades de brillo. Los grados pre-endurecidos de 30 a 40 RC son preferidos debido al grado de estabilidad y durabilidad que ellos imparten a la herramienta. Después de maquinado, se debe realizar una operación de liberación de tensiones (recocido) con el fin de evitar posibles distorsiones o agrietamientos en el molde.

Para producciones menores a 50.000 unidades por año, piezas forjadas en aluminio ALCOA grado No. 7075-T73 maquinados a la configuración deseada, tienen un desempeño satisfactorio y adicionalmente una buena conductividad térmica. Se han usado

también materiales de fundición con éxitos razonables. Uno de estos materiales es Kirksita, una aleación de Zinc. Los moldes de Kirksita se funden y pulen fácilmente, son libres de porosidades y han sido usados con resultados favorables.

Las temperaturas del molde están comprendidas en un rango de 101 a 150°F (38 a 65°C) con el fin de obtener calidades consistentes y ciclos de moldeo constantes.

Las líneas o ductos de refrigeración deberían estar dispuestas con respecto a la cavidad dejando un espesor de pared de 3/4 de pulgada entre la cavidad y el extremo del orificio. El espacio entre los orificios debe ser de 2,5 a 3 veces el diámetro del orificio de refrigeración. Estas dimensiones se aplican al acero. Para materiales con una mejor conductividad térmica, estas dimensiones se pueden incrementar.

La orientación del molde debe ser tal que permita el llenado desde la parte inferior de la cavidad, permitiendo el escape de aire a través de un pestaña dispuesta en la cara interior de la cavidad.

El diseño del molde es el resultado de la geometría específica de la pieza. Actualmente este diseño se realiza usando un sistema CAD (Diseño Asistido por Computador). La experiencia de los años anteriores en diseño ha sido integrada al software y existen sistemas CAD de enlace entre los departamentos de ingeniería de la Industria y los proveedores de materias primas y los fabricantes de moldes.

Máquinas o unidades dosificadoras

Un argumento importante en favor del uso de unidades dosificadoras para cada unidad de cierre, es que esto significa recorridos de flujo más cortos del tanque contenedor al molde para las materias primas líquidas.

Las distancias cortas son un prerrequisito para una alta calidad superficial y una reproducción uniforme de las piezas. La experiencia ha demostrado que la

fricción en tuberías largas es la causa principal de pérdidas o caídas de presión y variaciones de un artículo a otro. Particularmente, cuando se usan altos niveles de nucleación, como en la práctica común, la más mínima caída posible de presión dentro de la tubería debería ser el objetivo principal con el fin de evitar la formación de largas burbujas de gas.

Los cabezales de mezcla de las unidades dosificadoras deben perfeccionarse en cuanto a lo que concierne a la calidad de mezcla. Esto con el fin de eliminar completamente la instalación de mezcladores posteriores dentro del molde, lo cual incrementa la turbulencia en el molde y transfiere esta al molde.

La aplicación de técnicas de análisis de flujo en el molde usados en el moldeo por inyección y aplicadas al proceso RIM, servirán de gran soporte y ayuda en el proceso.

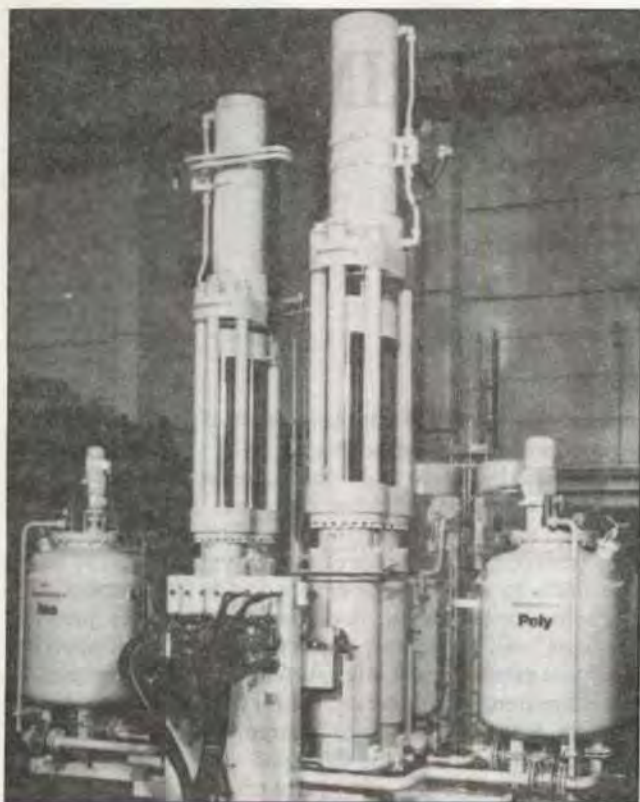


Fig. 2: Dosificadora de Pistón (Tipo SHK 720), Rendimiento 12 Kg/s, Volumen de dosificación 60 lt para isocianato y 90 lt para poliol

Los fabricantes de maquinaria RIM están enfocados hacia un mayor control del proceso. Instalaciones controladas por computador integrando almacenamiento de datos, supervisión, almacenamiento y control son un paso importante en esta dirección. Esto será aplicado a otros equipos, incluyendo moldes, unidades de cierre, controles de temperatura y líneas de pintura. Un control documentado del procesamiento especificado por los clientes para un análisis estadístico será realizado por el computador. El rendimiento de la máquina se incrementará aproximadamente 10Kg/s.

Estos desarrollos conducirán a un diseño de máquina con rendimientos de 520 a 600 Lt/min y a una fuerza de cierre de 4.000 KN (400 Tn) o más. Los tiempos de ciclo se reducirán a 30 s (Fig. 2). La potencia requerida para una máquina de estas características, con rendimientos de 40 a 50 piezas/hora y equipada con un sistema de acumulador hidráulico, será aproximadamente 300 Kw; se da por anticipado que los requerimientos de potencia para una instalación RIM con sistema de acumulador hidráulico, serán determinados por las demandas de rendimiento de la unidad dosificadora.

Portamoldes o unidad de cierre

No existe certeza si los portamoldes del futuro serán similares a las prensas verticales actuales o si serán prensas horizontales adaptadas del moldeo por inyección convencional. La Figura 3, muestra las diferencias en la distribución. La tabla 1, da las dimensiones más importantes de las dos opciones. La tabla 2, compara las ventajas y desventajas.

Considerando las unidades dosificadoras y de cierre como una unidad de producción completa, los menores requerimientos de energía de una unidad de cierre horizontal son insignificantes. La principal desventaja, la cual es muy significativa en un futuro predecible, es la poca accesibilidad al molde. A pesar de que es posible monitorear la cavidad del molde, aún es necesario limpiar el molde al menos

ocasionalmente como un paso indispensable de la producción. Esto solamente puede realizarse si el molde es accesible fácilmente. La fuerza hidráulica aplicada al cilindro de cierre y apertura depende de las fuerzas de apertura requeridas y hasta hoy, de la eficiencia del agente desmoldante.

Directamente relacionados al uso de un agente desmoldante están los requerimientos de accesibilidad a la cavidad del molde por parte del operario y la posibilidad de implementar sistemas de manipulación y robots para la extracción de las piezas. Un criterio usado en la selección de la fuerza de cierre del portamolde, es la presión interna en el molde. La regla del pulgar, presión interna en el molde Versus área proyectada de la pieza, sólo puede ser aplicada para asignar el límite mínimo de la fuerza de cierre. Para definir el límite máximo de la fuerza de cierre se debe tener en cuenta el punto de deformación elástica del material de la herramienta.

La fuerza de cierre debería estar entre estos dos va-

lores límites, preferiblemente más cerca del valor máximo; esto evita la necesidad de determinar la presión interna en el molde durante el llenado del mismo.

El segundo parámetro importante a ser definido para el portamolde, es la rigidez de la herramienta (o molde) y las placas de cierre. Se debe tener gran cuidado en el diseño de los moldes como también en el dimensionado de las placas de cierre.

Materias primas

Los avances en materiales para RIM han elevado sus propiedades ampliando así mismo sus posibilidades de mercado.

Materiales para RIM tales como los tenaces y rígidos copolímeros de bloque a base de poliéter/nylon 6 de la Monsanto están ampliando sus posibilidades en el moldeo de piezas autodesmoldeables, que

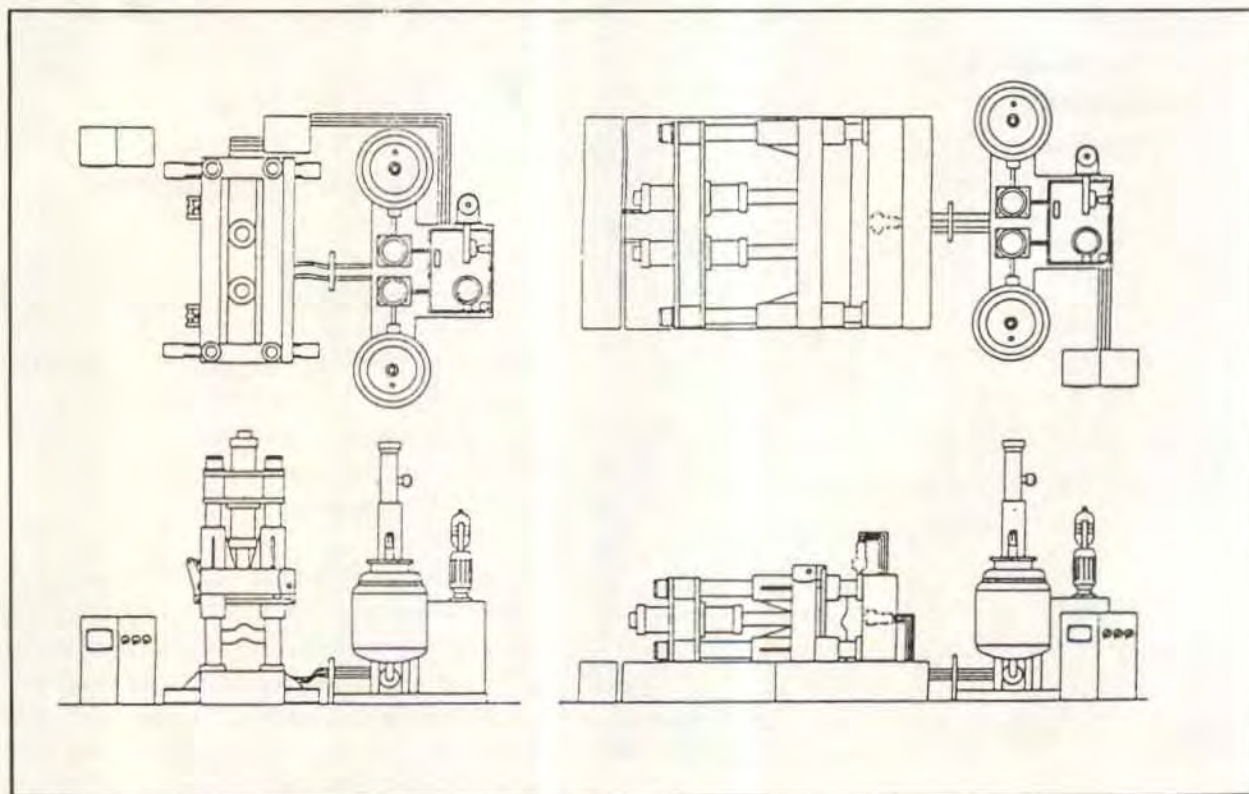


Fig. 3: Posible distribución de los portamoldes en plantas de RIM.

A la izquierda está una construcción tradicional con unidad de cierre vertical, a la derecha, una unidad de cierre horizontal.

Características		Unidad de cierre	
		Vertical	Horizontal
Altura	: m	5,4	5,2
Longitud	: m	8	10
Ancho	: m	4,5	4,5
Area requerida	: m ²	36	45
Potencia instalada	: Kw	350	350
Rendimiento	: Lt/min	720	720
Fuerza de cierre	: KN	4000	4000
Acumulador hidráulico		Si	Si
Velocidad máxima de cierre	: mm/s	500	800

Tabla 1 Dimensiones y características de plantas RIM con unidades de cierre Horizontal y Vertical

pueden competir en propiedades con los termoplásticos técnicos y otros aspectos económicos de fabricación.

El RIM con poliésteres, es otro ejemplo de la expansión de los materiales para RIM. Los materiales RIM a base de poliéster cargado con fibra de vidrio tienen propiedades técnicas superiores. Los tipos RIM de nylon 6 con carga, son así mismo competitivos con los termoplásticos técnicos. El material para RIM denominado EPON a base de resina epoxi de la Shell Chemical, tiene tiempos de curado y de ciclo más cortos.

Los materiales RIM a base de poliuretanos se están reforzando para alcanzar el nivel de los materiales rígidos y resistentes al impacto, superando las principales propiedades más difíciles de los poliuretanos en las piezas estructurales.

Un gran obstáculo para la productividad, que se está superando, es la necesidad de aplicar desmoldeante después del ciclo de cada pieza. El prescindir de este paso significaría un ahorro de 25 segundos por pieza, lo cual supone un incremento de productividad del 50%.

La tecnología del desmoldeante interno (IMR o internal mould removal) hace posible esta ganancia; muchos de los problemas existentes en la industria del automóvil antes de la aparición de los desmoldeantes internos (IMR) a saber: adhesión defectuosa de la pintura, pérdidas de propiedades de la pieza y reactividad insuficiente con los sistemas de carga, se han superado con los nuevos tipos de materiales - IMR a base de amina. Por eso existe una rápida y amplia tendencia hacia la adopción de la tecnología de desmoldeantes internos (IMR) por parte de la industria del automóvil.

PERSPECTIVAS

El funcionamiento del equipo RIM ha sido virtualmente transformado en poco tiempo de una operación sucia y dependiente del operario, en una técnica simple, limpia y más productiva.

Controles mejorados, cabezales mezcladores y mecanismos hidráulicos son factores importantes para mejorar rápidamente la eficacia de las máquinas de RIM. Se han mejorado los controles por microcomputador, mediante nuevos sensores, para la determinación con gran precisión de los porcentajes de flujo de masa; los nuevos cabezales mezcladores pueden manipular materiales más reactivos y más viscosos y

	Unidad de cierre	
	Vertical	Horizontal
Ventajas	Se requiere un área más pequeña, mejor accesibilidad desde todos los lados. Es posible trabajar con insertos.	Mayores velocidades de cierre: hasta 800 mm/s
Desventajas	Velocidades de cierre lentas, máx: 500 mm/s	Poca accesabilidad. El área requerida es mayor. No se puede trabajar con insertos ni con piezas sueltas.

Tabla 2. Ventajas y desventajas de plantas RIM con unidades de cierre vertical y horizontal

los nuevos mecanismos hidráulicos dan un mejor rendimiento de la máquina para cualquier relación.

El éxito se debe en gran parte a la buena cooperación entre proveedores de materias primas, fabricantes de maquinaria y transformadores.

Con esta retroalimentación de la experiencia en el proceso RIM y los desarrollos mecánicos entre el transformador y el proveedor de maquinaria, el progreso que se espera en el proceso de poliuretano y especialmente en el RIM microcelular será mucho más grande que cualquier otro proceso de transformación de plásticos.

BIBLIOGRAFIA

ROSATO, Dominick; ROSATO, Donald V. -
- Injection Molding Handbook. -- New York; 1986.
-- 900 p. -- il.

RUECHMANN, H. -- Aspects of the design of RIM for the future. --

INDUSTRIAL & PRODUCTION ENGINEERING, (Munich), Vol. 11, No. 4, sep. 1987. p. 23

SNELLER, Joseph A. --El RIM facilita la productividad mediante desmoldeo rápido y abadado en el molde de las piezas. --

REVISTA DE PLASTICOS MODERNOS (Madrid). Vol. 49, No. 345, Mar. 1985. p. 349 - 352

Automatización del moldeo por inyección y posibilidad de mejorar la productividad con RIM --

REVISTA DE PLASTICOS MODERNOS (Madrid), Vol. 34, No. 326, Ago. 1983 p. 169-173