

PRENSA AUTOMATICA DE MOLDEO

Bernal E., Hernández I., Damián R., Castillo, J, Pérez J.S., Saavedra G., Ascanio G.
CENTRO DE CIENCIAS APLICADAS Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
CCADET

correo electrónico: eduardo.bernal@ccadet.unam.mx

RESUMEN

Se presenta el diseño y construcción de una prensa automática para el moldeo de polímeros tipo estirenos y olefinas. El diseño de la prensa permite controlar las distintas variables involucradas en el proceso tales como presión, temperatura y tiempo de moldeo. Los moldes son colocados en un arreglo de charolas superpuestas y cargados automáticamente en la prensa. Esta última cuenta con un par de platinas y un sistema de calentamiento que provee una temperatura máxima de 170 °C; asimismo, un sistema de enfriamiento reduce la temperatura a una tasa de hasta 30 °C/min. La fuerza de moldeo máxima es de 50 toneladas, la cual es provista por un pistón hidráulico. Las rutinas de moldeo dependen del polímero de trabajo y se programan directamente en una computadora tipo industrial, de tal modo que la operación de la prensa resulta muy sencilla.

ABSTRACT

The design and construction of an automatic molding press for olefin and styrenes polymers is described. The present design allows controlling the several operating variables involved in the molding process such as pressure, temperature and process time. The mold is placed between two platens by means of a pneumatic array. Such platens consist of a heating system providing a maximum temperature of 170 °C and a cooling system with a maximum cooling rate of 30 °C/min. A maximum molding pressure of 50 ton is provided by a hydraulic system consisting of a piston and power unit. The molding routines are directly programmed into an industrial computer in such a way that the operation of the molding press is easy.

INTRODUCCIÓN

El moldeo de polímeros, y en general cualquier método de formación de estos materiales, son procesos cuya presión y temperatura requieren especial atención; en ocasiones también las tasas de cambio de dichos parámetros llegan a resultar críticas para la calidad de las piezas obtenidas.

Esto se debe a que el volumen específico de un polímero aumenta al incrementar su temperatura. Entre estas dos dimensiones, se presentan curvas isobáricas por las cuales se guía el polímero, y el comportamiento de los polímeros en el paso de enfriamiento es muy diferente.

En el caso del moldeo por compresión, el polímero es colocado en forma de *pellets* en un molde abierto en el que posteriormente se incrementa la temperatura y se aplica presión para que el material adopte la forma del molde.

En particular, el proceso de moldeo al que este trabajo hace referencia, tiene como objetivo asistir al control de calidad en una de las plantas de Total Petrochemicals USA. Este control se lleva a cabo mediante un muestreo periódico de la producción, y con cada muestra se fabrican diferentes tipos de probetas para verificar las características particulares de cada polímero.

Al tratarse de diferente tipo de polímeros (estirenos y olefinas), los parámetros de moldeo tales como presión, temperatura y tiempo de moldeo, tienen rangos relativamente amplios; además también es necesario aplicar ciclos de alta y baja presión, así como tasas de enfriamiento específicas para cada material.

Los procesos más críticos requieren presiones de 50 kg/cm^2 sobre los moldes, y temperaturas hasta de 170°C . La duración, desde que inicia el calentamiento del molde hasta que este puede ser retirado a temperatura ambiente, puede ser desde 15 minutos en el caso de los procesos más cortos y altas tasas de enfriamiento (30°C/min), hasta alrededor de 8 horas, debido principalmente a un enfriamiento muy lento. Todo ello con una tolerancia de $\pm 5^\circ \text{C}$. Los moldes constan de 2 placas de acero superpuestas de $30 \times 30 \times 9 \text{ cm}^3$.

En la figura 1 se muestra un diagrama con los parámetros de moldeo básicos que debe controlar el equipo.

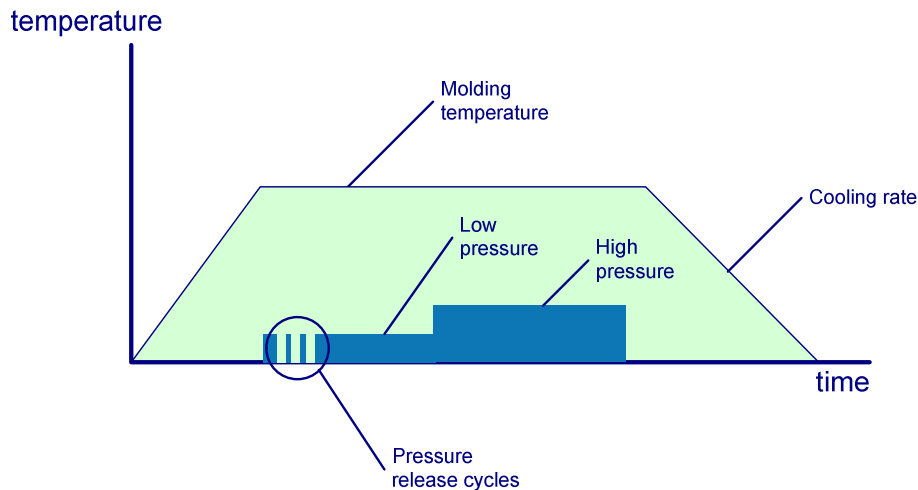


Figura 1. Parámetros a controlar en cada proceso de moldeo por compresión.

El requerimiento central para el presente trabajo fue diseñar una prensa capaz de llevar a cabo varios procesos consecutivamente, de manera totalmente automática y cumpliendo con los rangos de operación arriba mencionados.

DESCRIPCIÓN

El equipo de moldeo consta primordialmente de una prensa, un dispensador automático de moldes y una computadora con la que lleva a cabo la automatización del equipo.

La prensa propiamente se compone de una estructura de acero, un par de platinas entre las cuales se lleva a cabo el prensado y un pistón hidráulico que provee la fuerza necesaria para la compresión del material.

Platinas

Las platinas son los elementos que llevan a cabo el prensado de los moldes, por lo cual cuentan con sistemas embebidos de calentamiento y de refrigeración, cubriendo así la necesidad de controlar la temperatura.

Ambas platinas fueron fabricadas en fundición de hierro ASTM A48-40, para propiciar una buena conducción térmica y facilitar el maquinado de las cavidades que contienen a los sistemas. Cada una es un bloque de $38 \times 38 \times 5 \text{ cm}^3$, es decir, con una superficie ligeramente mayor que los moldes.

Para el calentamiento de cada platina se empleó un conjunto de resistencias eléctricas, cuya potencia se calculó tomando como base el caso crítico de calentarlas desde la temperatura ambiente (20°C) hasta la máxima temperatura demandada (170 °C) en un lapso no mayor a 30 minutos, conforme los requerimientos del equipo. Cabe mencionar que la superficie opuesta a la cara de prensado (38x38 cm²) se aisló térmicamente para minimizar las pérdidas de energía. Los datos relevantes para el cálculo son:

Calor específico del hierro: 0.12 Btu / lb / °F

Peso de cada platina: 234 lb

Pérdidas para superficies metálicas a 350 °F: 275 watts/ft²

Con base en ello, se determinó que el calor absorbido por cada platina es de 2.3 kWh

Por otro lado, las pérdidas en las superficies laterales (no aisladas) se estimaron en 0.1145 kWh, y con un factor de seguridad del 20% se tiene una demanda de energía adicional de 0.6 kWh.

Considerando que el calentamiento se llevará a cabo en media hora, se tiene una demanda de 5.8 kW de potencia para un caso extremo. Con esta información, se diseñó el sistema de calentamiento compuesto por conjunto de 4 resistencias de 1.5 kW en cada platina.

Por otro lado el circuito de enfriamiento es capaz de retirar el calor de las platinas a una tasa máxima de 30 °C/min. Dicho circuito consta de una serie de venas en el interior de las platinas, que permiten el paso de una mezcla refrigerante almacenada en un tanque a una temperatura de 8 °C. La longitud total del circuito es de 3.3 m por platina, con un diámetro es de 9.5 mm. El flujo de refrigerante es impulsado por una bomba centrífuga de 0.5 HP de potencia y regulado a través de un variador de frecuencias, mediante el cual se consigue el control de las tasas de enfriamiento.

En la figura 2 se muestran las platinas, las cuales se fabricaron en dos secciones.

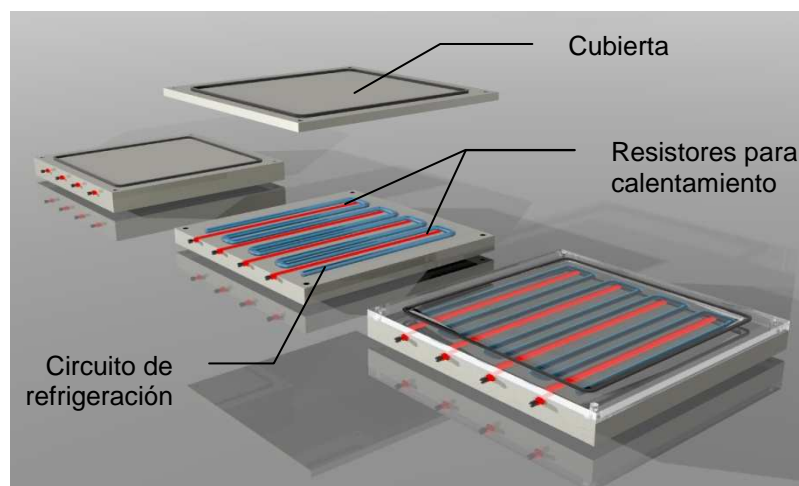


Figura 2. Ensamble y vista explosiva de platinas.

Sistema de Prensado

Este consta de un pistón hidráulico (ver figura 3) acoplado a una de las platinas. Su émbolo mide 203 mm de diámetro, con una carrera total de 400 mm. Tanto las platinas como el actuador están montados en una estructura de acero, la cual se describe más adelante.



Figura 3. Pistón hidráulico.

El pistón es alimentado por una unidad de potencia (UP) diseñada para operar con un flujo constante de 5.6 l/min y 1750 rpm de un motor de 3 HP de potencia, el cual se encuentra acoplado a una bomba de engranes que proporciona un volumen de 3.2 cm³ en cada revolución. La presión máxima del fluido de trabajo, limitada por la capacidad del motor eléctrico, es de 210 kg/cm². En la figura 4 se muestra la UP ya ensamblada. En la parte inferior se encuentra un depósito de aceite con capacidad de 113.6 l.



Figura 4. Vistas de la unidad de potencia del sistema hidráulico.

Con base en dichos parámetros, el cilindro cuenta con una velocidad de desplazamiento teórica de 152.4 mm/min y una fuerza de empuje de 68,400 kg_f, es decir, aproximadamente 68 toneladas trabajando a la máxima presión.

La presión de trabajo es controlada por una válvula de control, pilotada por una válvula de alivio de presión de control proporcional. Esta última recibe una corriente eléctrica entre 0 y 750 mA proporcionada por una tarjeta electrónica, con la que se ajusta la presión. La tarjeta electrónica a su vez, recibe un voltaje de control (entre 0 V y 9 V) proporcional a la corriente suministrada a la válvula.

Para controlar la dirección del movimiento en el pistón se utiliza una electro-válvula de control direccional de 4 vías-3 posiciones, la cual opera con una bobina de 110 VAC.

Se realizaron pruebas a la UP alimentando la tarjeta electrónica con diferentes voltajes de referencia de tal forma que se generaran diversas intensidades de corriente hacia la electro-válvula de control proporcional, produciendo así diferentes valores de presión hidrostática en el pistón.

Para controlar y medir la presión, se colocó en la UP un elemento transductor mediante una conexión T al resto del circuito hidráulico, el cual es alimentado con 24 VDC y proporciona una salida de 4 a 20 mA. El rango de transductor es de 0 a 350 kg/cm².

La tabla 1 muestra la caracterización del equipo. Los datos obtenidos dependen de las diferentes corrientes entregadas al solenoide de la electro-válvula de control proporcional que, como ya se mencionó previamente, dependen del voltaje aplicado a la tarjeta electrónica de control.

Corriente en la electro-válvula [mA]	Presión [kg/cm ²]
40	14.0
100	28.1
200	70.3
300	126.5
400	182.8
500	196.9
600	203.9
650	210.9

Tabla 1. Caracterización de la unidad de potencia del sistema de prensado.

Estructura

Tanto las platinas como el pistón están montados sobre un marco fabricado por 4 secciones de ángulo de acero estructural (ASTM A-36) de 101 mm de lado y 12.6 mm de espesor. Sus extremos superiores se unen a una placa (soporte del pistón) del mismo material por medio de 16 tornillos de grado 8. Las dimensiones del soporte son de 698 x 673 x 76.2 mm³. Sobre este marco, mostrado en la figura 4a, se fijaron 4 barras de acero ASTM A 322 de 63.5 mm de diámetro.

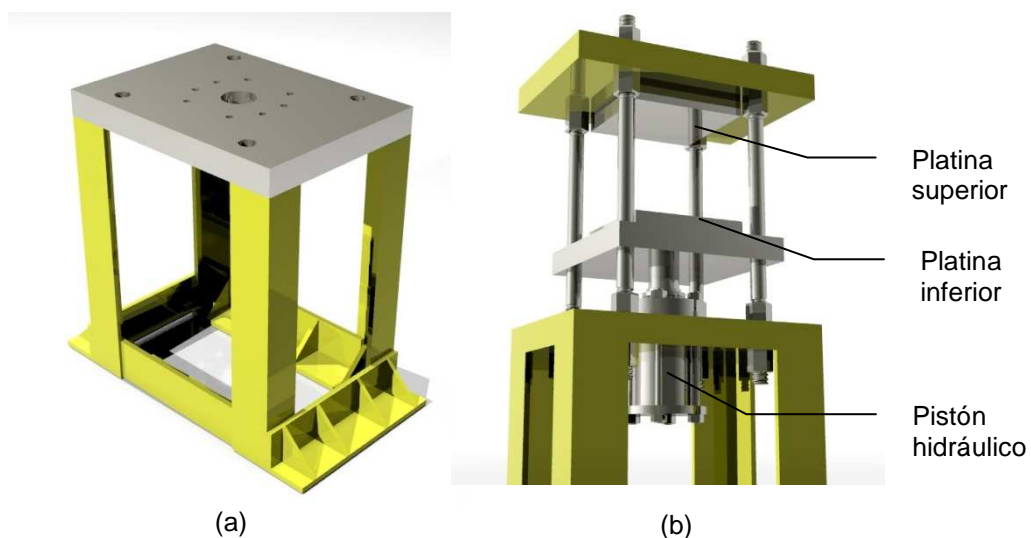


Figura 4. Estructura de la prensa: (a) marco inferior; (b) estructura superior.

Cada platina se encuentra fija a una placa que les sirve de soporte. En el caso de la platina inferior, dicho soporte se desplaza verticalmente sobre las barras superiores. El soporte de la platina superior se encuentra fijo en las barras, tal como se muestra en la figura 4b.

Sistema de carga/descarga de moldes

Para la automatización de la carga y descarga de moldes se emplea un sistema como se describe a continuación. A un costado de la prensa se ubica un estante con 4 charolas superpuestas que pueden desplazarse verticalmente, y un molde cargado de polímero en forma de *pellets* se coloca manualmente en cada una. Un actuador eléctrico debajo del estante ubica cada charola en posición de carga/descarga y otro actuador dispuesto horizontalmente empuja el molde correspondiente dentro de la prensa, sujetándolo con un electroimán ubicado en su parte terminal. Del mismo modo, lo retira y devuelve a su charola una vez terminado el moldeo. Posteriormente, el actuador debajo del estante desplaza las charolas a una nueva posición en la que el segundo molde queda listo para ser cargado. El proceso se repite hasta que todos los moldes del estante han sido procesados. En la figura 5 se muestra el estante con de charolas junto con la prensa.

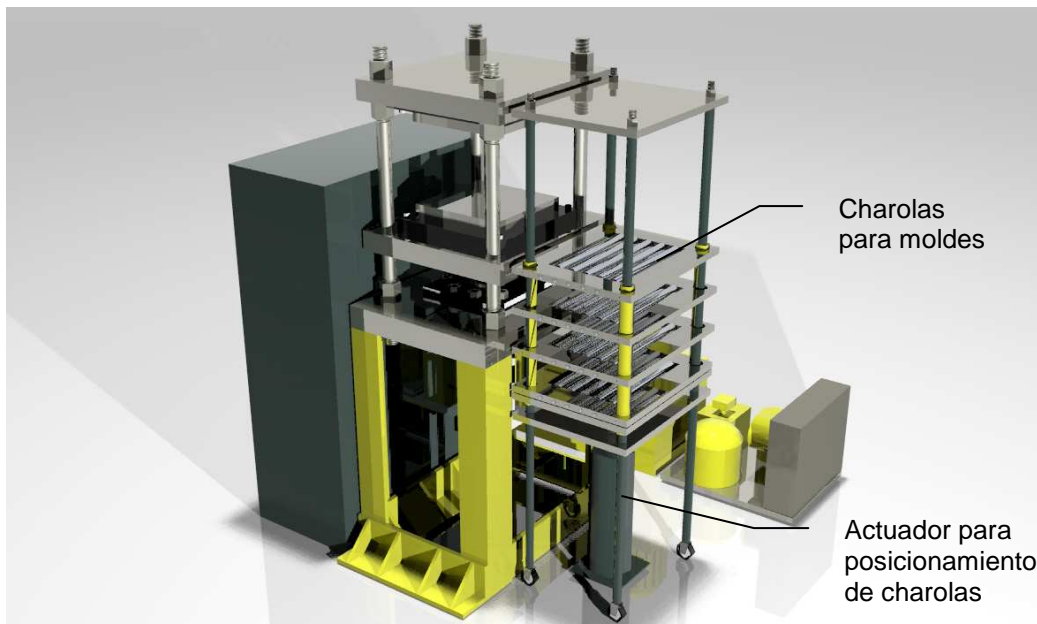


Figura 5. Prensa y estante para la carga y descarga de moldes.

Sistema de Enfriamiento

Como ya se mencionó, es sistema de enfriamiento de los moldes requiere un depósito de refrigerante que se mantiene a una temperatura de 8 °C. Para ello se emplea una unidad de condensación con un compresor de 2 HP de potencia. El evaporador del sistema consiste en un serpentín de 75 m de longitud introducido en un tanque de 200 l de capacidad y un diámetro de 540 mm. Este tanque contiene una mezcla de agua y anticongelante la cual se hace circular en el interior de las platinas durante la etapa de enfriamiento del proceso de moldeo.

Control Electrónico

La automatización de la prensa se realiza con una computadora industrial y un *software* de control, cuya interfaz gráfica permite al usuario establecer los parámetros de una secuencia básica de moldeo, como temperatura, tiempo y presión. También es posible programar secuencias más complejas que requieren una presión inicial baja, aperturas intermitentes de las platinas para la

liberación de aire, otra presión máxima de moldeo y un enfriamiento a una tasa máxima de 30 °C en cada minuto. Adicionalmente, la capacidad del estante permite realizar cuatro procesos de moldeo con secuencias independientes, programando el equipo una vez.

Las principales variables de control del sistema son: las posiciones de cada pistón, la presión aplicada al molde, la temperatura de cada platina, la potencia de alimentación de los resistores, el flujo de refrigerante en las platinas y los sistemas de seguridad implementados.

CONCLUSIONES

Se presentó el diseño de una prensa automática de moldeo para polímeros tipo estireno y olefina. El diseño propuesto permite operar la prensa de una manera fácil seleccionando las rutinas de moldeo dependiendo del tipo de polímero desde una computadora personal, la cual a su vez permite controlar y registrar todas las variables del proceso. Actualmente el equipo se encuentra en fase de construcción y durante el congreso se presentará el desarrollo totalmente terminado y listo para ser transferido a las instalaciones de Total Petrochemicals USA, quien patrocinó el proyecto.

REFERENCIAS

PROCESOS BÁSICOS DE MANUFACTURA, de H. C. Kazanas, Genn E. Backer, Thomas Gregor. Mc Graw Hill.

Carver Inc. Manual Prensa de Moldeo por Compresión. CMG30H-ASTM.

MARKS. Manual del Ingeniero Mecánico. Tomo 1. Trads. Francisco Noriega. Edit. Mc Graw-Hill. 3ª ed., México, 1995. p.48, cap.3.