

Uso del poliestireno expandido y arena sin aglutinante en la obtención de artículos fundidos

Jorge Iván Gómez

Ingeniero Mecánico
Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas
Apartado Aéreo 1027. Medellín Colombia

RESUMEN

En el presente artículo, se describen los pasos seguidos en la obtención de una pieza fundida a partir de un modelo de icopor y arena sin aglutinante. En segundo lugar, se mencionan las etapas seguidas en la obtención del modelo en polietileno listo a ser moldeado desde las materias primas originales, petróleo y gas natural. Posteriormente se enumeran las ventajas que presenta el uso de este sistema de moldeo frente al tradicional, que emplea modelo permanente y arena en verde. De otro lado, se presenta un cuadro que indica la economía que la introducción de este proceso representa para una compañía estadounidense frente al método convencional. Por último, se hace referencia al resultado final de una serie de ensayos realizados en los laboratorios de procesos de Manufactura del Departamento de Ingeniería Mecánica, para ver la factibilidad de introducir el proceso a nuestro medio.

PALABRAS CLAVES

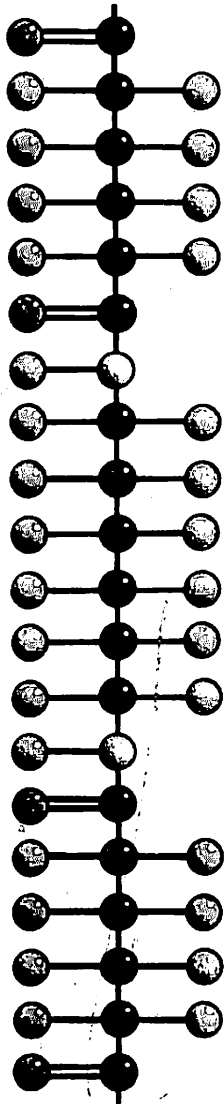
Fundición
Modelo en poliestireno
expandido
Arena sin aglomerante

ABSTRACT

Steps to obtain castings with polystyrene and non bonded sand are described. It is also mentioned the general procedure to manufacture the expandable polystyrene patterns-EPP; as well as, their technical and economical advantages. An example about the production of a casting in an aluminium alloy using this technique is depicted.

KEY WORDS

Casting
Expandable Polystyrene
patterns
Non bonded sand



1. INTRODUCCION

Más que instruir sobre un proceso reciente de moldeo, el presente artículo busca motivar a fundidores y personas interesadas en el proceso de fundición, acerca de la posibilidad de adaptar esta técnica aún no utilizada en el medio. Ante la dificultad que tiene el pequeño y mediano fundidor de comprar tecnología en el mercado internacional, la "investigación" se presenta como una alternativa importante para apropiarse este método.

Se hace mención de este proceso en particular sobre muchos aún no utilizados en Colombia, por las grandes ventajas económicas que presenta y por la posibilidad de venta que en el mercado local tienen los productos que a través de él se puede obtener. Otra razón importante para presentarla aquí es porque el país maneja algunas fases de la tecnología involucrada en todo proceso; lo que posibilita con investigación a nuestro alcance, hacer una adaptación al medio con mayor facilidad que con otros procesos aún no apropiados.

2. ORIGEN Y DESARROLLO DEL PROCESO

El uso del icopor como modelo de fundición es de uso reciente si se compara con otros métodos de moldeo. Su primera aplicación fue patentada por H.F. Shoreyer en los E.U.A., en el año de 1958. En esta aplicación la arena que se utilizaba eran arenas de moldeo convencional; es decir, arena, bentonita y agua.

En el año de 1964 en E.U.A.; T.R. Smith presenta un método de moldeo denominado "Molde sin cavidad", en el cual se emplea un modelo de icopor y arena sin aglutinante. Solo en 1981, el proceso irrumpe a nivel industrial cuando expira la vigencia de la patente de T.R. Smith. A partir de este momento, se intensifica la actividad investigativa en E.U.A., Europa y Japón a fin de optimizar el proceso. En el año de 1982 se monta la primera planta de fundición que utiliza este método de moldeo en los E.U.A., dedicándose a la obtención de artículos fundidos.

Es importante destacar que en 32 años, desde el descubrimiento del icopor como "modelo perdido" en fundición, este ha venido siendo usado con arenas aglutinadas al silicato de sodio, CO_2 y posteriormente con resinas autofraguantes; sin embargo, esta variante, solo ha tenido importancia a nivel de producciones unitarias.

En la actualidad existen algunas variantes menores al proceso de moldeo en mención (modelo de icopor - arena sin aglutinante); dichas variantes son ofrecidas en el mercado internacional de fundición con los productos y equipos necesarios para su realización bajo marcas registradas. Entre las más conocidas están el sistema "Polylok" desarrollado por la John Deere y que emplea machos que se incorporan al modelo de icopor al momento de fabricarlo.

Otro proceso es el "Replicast- Ceramic Shell", desarrollado por Scrata y comercializado por Foseco. En esta variante se recubre el modelo de icopor con material cerámico una vez que este ha sido secado y endurecido, se procede al quemado del modelo. La cáscara cerámica es luego rodeada con arena sin aglutinante previo al colado del metal.

3. PROCEDIMIENTO DE OBTENCION DE UNA PIEZA FUNDIDA, A PARTIR DEL MODELO EN POLIESTIRENO Y ARENA SIN AGLUTINANTE

Con el fin de facilitar la presentación de los pasos que involucra el proceso en su totalidad, en este numeral solo se describen aquellos que son rutinarios en toda planta de fundición con arena en verde; en otras palabras, se asume que el modelo y la arena se hallan listos para la elaboración del molde.

En el numeral 4, se hace mención de las etapas que demanda la obtención del modelo, desde las materias primas hasta el previo a ser moldeado.

PROCEDIMIENTO: Una vez se dispone del modelo en icopor, con el sistema de colada y alimentación incorporado al modelo y recu-

bierto este con pintura refractaria, se procede a efectuar la elaboración del molde, siguiendo los pasos esquemáticos en la Figura 1.

- a. Dentro de una caja abierta en su extremo superior establecemos una capa de arena en el fondo de ésta, con espesor de 3 a 8 cm. Ver Figura 1-a.
- b. Posteriormente se posiciona el modelo dentro de la caja y se conecta el embudo de material refractario con el canal de descenso hecho en icopor. Ver Figura 1-b.
- c. Luego se procede a vaciar arena seca y sin aglutinante dentro de la caja, al mismo tiempo se hace vibrar; esto con el fin de que la arena rodee todo el modelo y se vaya compactando. Ver Figura 1-c.
- d. Una vez que se llena la caja de arena y ésta adquiere su densidad apropiada, Figura 1-d, toda la caja es desplazada a la zona de vaciado.
- e. Se cuela metal dentro del embudo sin interrumpir el vaciado; a medida que va entrando el metal líquido, este quema el icopor y procede a ocupar el espacio. Los gases de combustión escapan a través de la pintura refractaria y de la arena que rodea el modelo. Ver Figura 1-e.
- f. La pieza fundida se deja solidificar y enfriar aproximadamente la misma cantidad de tiempo que si se vaciara en un molde de arena en verde, para luego proceder al desmoldeo recuperando la arena que puede ser reciclada sin mayores complicaciones. Ver Figura 1-f.
- g. Finalmente se desmoldea y limpia la pieza fundida.

4. PASOS SEGUIDOS EN LA OBTENCION DEL MODELO DE ICOPOR LISTO A SER MOLDEADO

El logro de una buena pieza fundida por medio de esta técnica obliga, además del manejo correcto de los pasos ya mencionados, el atender otros factores, necesarios en la fabricación del modelo. De manera breve, se menciona a continuación las etapas requeridas para la obtención del modelo

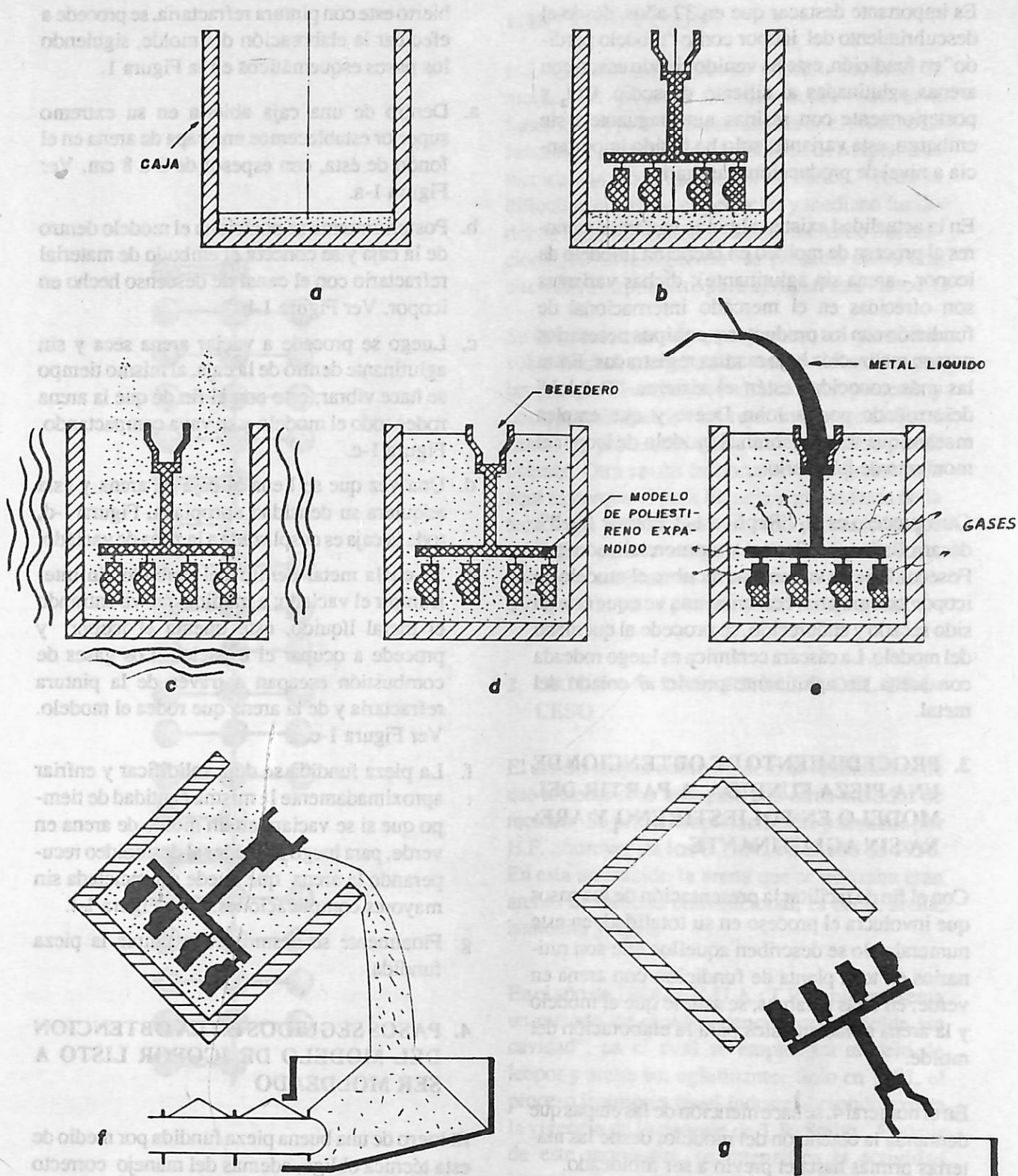


Figura 1. Esquematación de los pasos seguidos en la obtención de una pieza fundida, utilizando modelo de icopor y arena sin aglutinante.

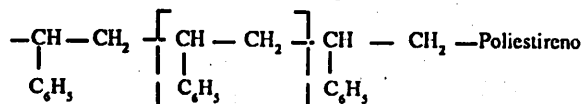
listo a utilizar, desde el origen mismo de la materia prima.

4.1 Qué es y de dónde proviene el poliestireno

Es un termoplástico utilizado para moldear piezas sólidas, como cubiertas de radios, televisores, estuches para cassettes, etc; el cual no debe ser confundido con el icopor (Poliestireno expandido).

Su producción comprende varias fases así:

- Obtención del benceno (C_6H_6) a partir del petróleo.
- Obtención del Etileno ($CH_2 = CH_2$) a partir del gas natural.
- Reacción del etileno y el benceno en presencia de un catalizador a temperatura y presión controladas para generar etil-benceno ($C_6H_5-CH_2-CH_3$).
- Deshidrogenación del etil-benceno para producir el monómero estireno.
- Unión en cadena de moléculas de estireno por diferentes procesos de polimerización dando origen al termoplástico poliestireno.



4.2 Obtención de poliestireno expandido (icopor) previa su expansión

La producción del poliestireno expandido a partir del estireno, suele hacerse en dos pasos como se esquematiza en la Figura 2.

En la primera etapa, se logra la polimerización del estireno por el método de "suspensión" y en el segundo paso se aplica el agente expansor al poliestireno.

En la fase de la polimerización del estireno, éste es depositado (líquido) en agua la cual contiene coloides protectores, agentes dispersantes e iniciadores de la polimerización. Esta mezcla se agita violentamente hasta que se forman pequeñas gotas de poliestireno entre 0.5 y 6 mm de diámetro; todo ello en condiciones de presión y temperatura controladas. En la segunda fase del proceso y después de que las esferas han sido secadas y clasificadas según su tamaño, las esferas se introducen en un tanque con agua, el cual contiene el agente expansor en solución; generalmente pentano. Posterior a esto, sigue un proceso de secado de las esferas. En estas condiciones, el poliestireno no se encuentra expandido aún y es la forma de comercializarlo a los moldeadores de icopor.

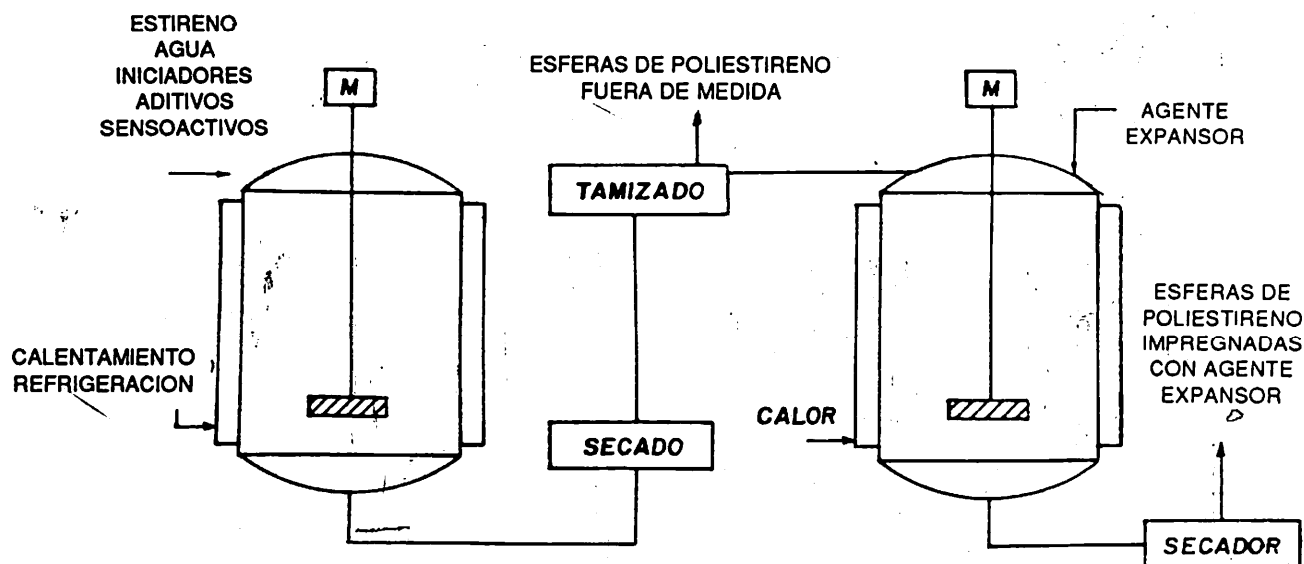


Figura 2. Diagrama de flujo simplificado, para la producción del poliestireno expandido en esferas, previa su expansión.

4.3 Formado del modelo o sus partes

La fabricación con icopor de un modelo entero o de sus partes, una vez se tienen las esferas de poliestireno impregnadas con el agente expansor, comprende dos fases: la primera es la preexpansión de las borlas a la densidad final, mientras éstas se unen entre sí y llenan los espacios vacíos a la vez que toda la masa de borlas compactadas copia la forma del modelo.

Para la preexpansión, la esfera de poliestireno son calentadas con el fin de ablandar el polímero mientras el pentano se vaporiza dentro de la esfera. La vaporización del pentano dentro de la esfera del poliestireno es lo que la convierte en borla. El grado de expansión puede controlarse a la densidad que uno desee; luego se procede a remover la borla de la fuente de calor a fin de endurecer nuevamente el polímero.

En la Figura 3 se esquematiza el procedimiento más comúnmente utilizado en la obtención de

icopor modelado; seguidamente se describe los pasos.

- Las borlas de poliestireno preexpandido se "soplan" dentro de un molde que es el negativo del modelo a reproducir en fundición. Ver figura 3-a y 3-b.
- Por medio de un calentamiento directo o indirecto, se procede a la expansión final del icopor y a la unión de las borlas entre sí, a la vez que copian el modelo. La Figura 3-c, esquematiza la modalidad de calentamiento directo con vapor de agua.
- Se procede a enfriar el molde para el endurecimiento de éste. Ver Figura 3-d.
- El modelo de icopor es extraído del molde.

En la actualidad ya han emergido otros procesos para moldear el icopor; entre ellos cabe mencionar el de compactamiento de las borlas por aplastado.

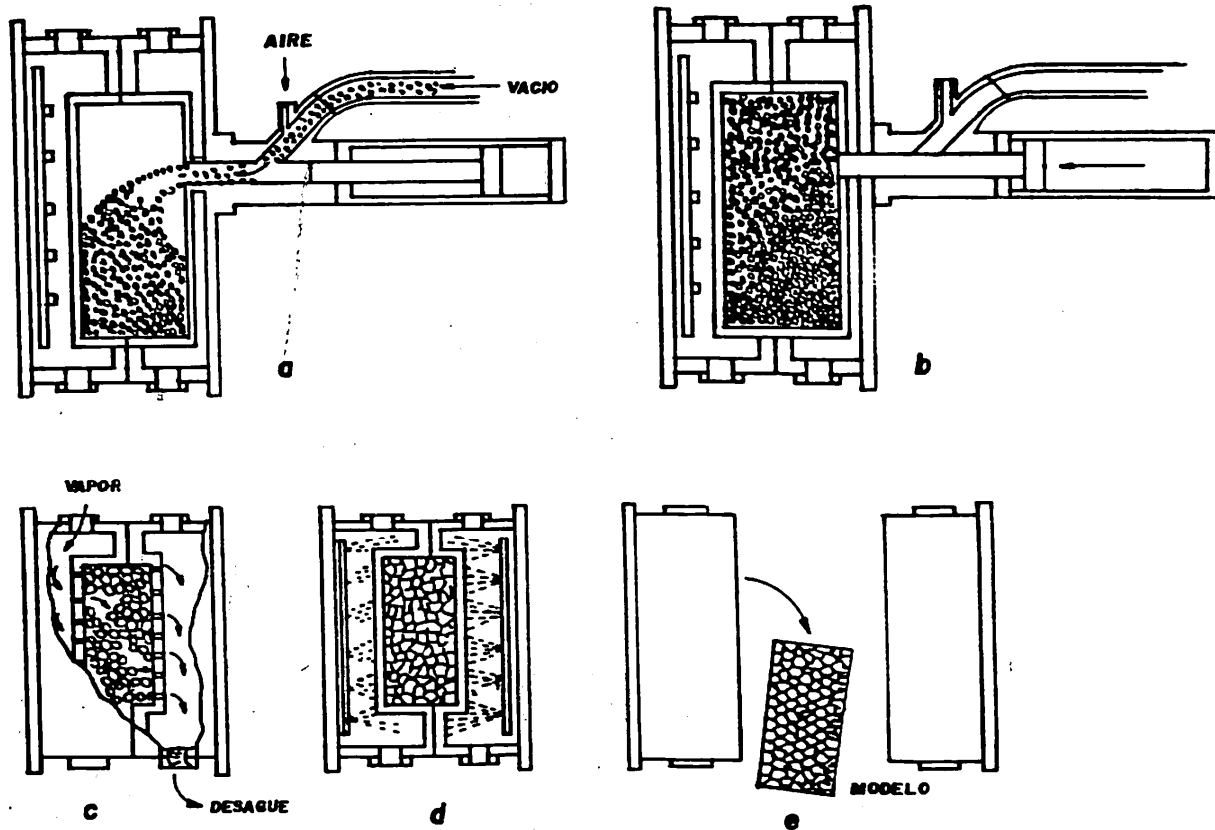


Figura 3. Esquematización de los pasos en la compactación de borlas de icopor para la formación de modelos.

4.4 Ensamble del modelo

Los modelos en poliestireno expandido más comúnmente utilizados consisten de un ensamble de piezas de icopor, los cuales son pegados entre sí por medio de adhesivos líquidos de aplicación en caliente. Con el fin de asegurar un control dimensional consistente, se prefieren los sistemas mecanizados y automáticos para la aplicación de estos. Se debe procurar que la rata de vaporización del pegante sea similar a la del icopor. En aplicaciones manuales se pueden utilizar pegantes líquidos plásticos y adhesivos de contacto, siempre y cuando éstos sean compatibles con el icopor.

Debido a lo costosa que resulta la operación de ensamble por pegado en la obtención de un modelo en serie de icopor (hasta el 50% el costo del modelo terminado), se procura recurrir a este medio lo menos posible; lo ideal es obtener el modelo de icopor de una sola pieza.

4.5 Recubrimiento del modelo

Aunque resulta posible producir una pieza fundida partiendo de un modelo de icopor sin recubrimiento refractario, es decisivo su empleo si se quiere lograr una buena calidad de la pieza. Con el recubrimiento refractario se busca fundamentalmente:

Crear una barrera que evite el contacto directo del

metal con la arena, para mejorar así la calidad superficial y evitar arrastres de arena; además se busca crear condiciones favorables de presión en la interfase metal liquido- icopor que eviten los defectos en la pieza o el colapso del molde durante el vaciado del metal.

5. Ventajas respecto al moldeo convencional

Las siguientes son las ventajas más notorias que ofrece la modalidad del moldeo con icopor en arena sin aglutinante:

- Simplifica el manejo de la arena, el trabajo de desmoldeo, reduce costos en las arenas de moldeo al prescindir del uso de aditivos y aglomerantes.
- Las actividades de control con las arenas de moldeo se reducen, las cajas de moldeo pueden ser enterizas y con pocas aditamentos para su manejo, lo que reduce su costo.
- Posibilita la eliminación de gran parte de machos y todo lo que ello conlleva (aglutinantes, equipos, etc.) y ofrece mayor libertad a la hora de diseñar piezas.

Para tener una idea de la economía que introduce este proceso frente al proceso de moldeo convencional, se presenta en la Tabla 1 la reducción porcentual de costos de producción, en una fundición dedicada a la obtención de maquinaria agrícola en los E.U.A.

Tabla 1.

Reducción de costos porcentualmente del moldeo con poliestireno y arena sin aglutinar, frente al moldeo convencional, para una fundición en E.U.A.

Piezas fundidas de menos de 45 kg. y hasta 0.5 x 0.5 x 0.5 m.			Piezas mayores a la anterior				Piezas importantes y complejas
Piezas varias			House de transmisión		Piezas compactas	Carter de motor	Bloques de motor culatas de transmisión
	Fund gris	Fund. Nod	F. Gris	F. Nod	F. Gris	F. Gris	
Fusión	-10	-16		-8	-4	-5	-2
Moldeo	-58	-49	-56	-58	+156	-59	-60
Desmold	-86	-89	-77	-81	-79	-83	-78
TOTAL	-40	-36	-26	-33	+5	-39	-32

6. Desventajas respecto al moldeo convencional

Son pocas las desventajas que presenta el proceso; las tres que merecen destacarse al momento son:

- La combustión del icopor genera gases que puedan variar en composición de acuerdo al metal, temperatura y velocidad de vaciado. De cualquier manera se ha detectado la generación de algunos componentes que entrañan cierto peligro para la salud, como son el benceno, los hidrocarburos aromáticos polinucleares y el monóxido de carbón.

Por las anteriores circunstancias y por la presencia de otros gases, las zonas de vaciado requieren sistemas más eficientes de ventilación y evacuación de humos que los convencionales.

- En el estado de desarrollo actual de esta técnica ha resultado imposible eliminar ciertos defectos superficiales como manchas brillantes de carbón en las fundiciones de hierro o la presencia de pliegues en las de no ferrosos.
- La inflamabilidad del icopor demanda medidas de seguridad mayores.

7. PRUEBAS ADELANTADAS EN EL MEDIO CON EL METODO DE MOLDEO DESCRITO.

A fin de conocer la viabilidad de adaptar al medio la técnica de moldeo con icopor y arena sin aglutinar, se llevaron a cabo en el taller de Fundición del Departamento de Ingeniería Mecánica una serie de ensayos; éstos consistieron en la obtención de diversas piezas fundidas bajo diferentes circunstancias.

7.1 Procedimiento

Para el desarrollo de los ensayos se empleó una placa de poliestireno expandido de 10 cms de

largo por 4 cms de ancho y 2 cm. de espesor, con un canal de descenso de 12 cm. de longitud. Las condiciones de los ensayos se modificaron como se indica a continuación:

- Un primer ensayo con la placa de icopor entera (un solo bloque sin el empleo de pegantes) sin pintar. El sistema de colada hecho de icopor en su totalidad incluyendo el bebedero. Arena de granulometría 70-100. El metal colado fue una aleación de aluminio con silicio entre 7 y 11%. Temperatura de vaciado de 780° aproximadamente. Para la parte del bebedero se empleó arena de contacto en verde.
- En un segundo ensayo se empleó la misma placa de icopor entera sin pintar. El sistema de colada en icopor excepto el bebedero; para este se recurrió a un embudo hecho en yeso. Se empleó una arena de granulometría 30-40. El metal colado y la temperatura de vaciado las mismas del primer ensayo.
- El último ensayo se hizo con el mismo modelo de icopor pero partido perpendicularmente en la mitad de su longitud. Las partes fueron luego pegadas y pintadas. El sistema de colada en icopor excepto el bebedero hecho de yeso. Granulometría de la arena, aleación empleada y temperatura de vaciado, las mismas del segundo ensayo.

También se elaboró un modelo de mayor complejidad, ver Figura 4, el cual estaba formado por tres partes: Tórax frontal, Espalda y Cabeza, dichas partes fueron pegadas entre si, lo mismo que el canal de descenso del sistema de colada. Las demás condiciones del ensayo se mantuvieron constantes.

7.2 Resultados

Para los ensayos 1 y 2 solo se hace mención breve de los resultados obtenidos; una descripción detallada se da únicamente para el tercer ensayo; éste fundamentalmente a que las fallas que se presentaron en los dos primeros casos fueron fácilmente superadas de acuerdo con las recomendaciones de

la literatura técnica. Es opinión del autor que las condiciones del ensayo tres puede ser un punto de partida para emprender una investigación sistematizada que conduzca a mejorar la calidad de las piezas fundidas obtenidas por este método.

1. Resultado del primer ensayo. El experimento desarrollado según las condiciones iniciales resultó infructuoso, puesto que no se pudo lograr siquiera el llenado del molde; dado que el bebedero se derrumbó con los primeros granos de metal vaciado.
2. Resultado del segundo ensayo. A fin de contrarrestar la falla que obstaculizó el llenado de la pieza bajo las circunstancias mencionadas en el primer ensayo, se construyó un bebedero en yeso el cual se fijó al modelo como se aprecia en la parte izquierda de la Figura 4. El resultado obtenido durante este ensayo fue mejor puesto que se logró un llenado más completo, no obstante el derrumbamiento del molde en algunos sectores. La calidad superficial de la pieza resultó bastante deficiente por pliegues e inclusiones de arena.
3. Resultado del último ensayo. Con el fin de poner a prueba una característica de este sistema de moldeo, el modelo fue partido en la mitad y luego pegado con colbón. Igualmente y con el objeto una vez pegado se recubrió con una pintura a base de arena silíceo de granulometría 200 la que se mezcló con agua y colbón. La pintura se aplicó con brocha en dos capas con un secado intermedio y otro al final de 80°C. Dado que la mejora en los resultados fue sorprendente, se procedió a fabricar un modelo de mayor complejidad, el cual consistió en un "busto femenino" hueco en su parte interior, con un sistema de colada y bebedero como se aprecia en la Figura 4 parte izquierda. Las demás condiciones del ensayo permanecieron constantes.

Las observaciones más importantes respecto al resultado obtenido son:

- El llenado de la pieza fue total a pesar de que el espesor promedio era de 6 mm. Figura 4 parte derecha.

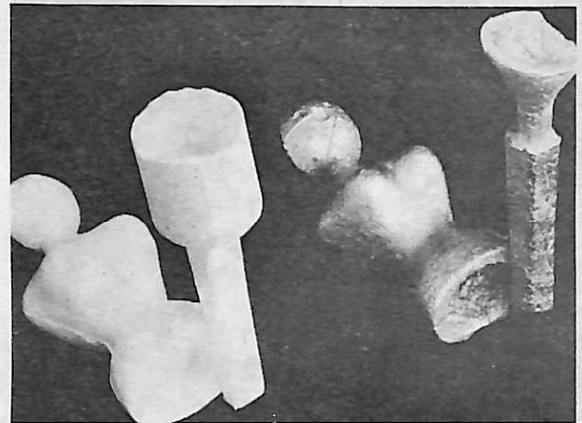


Figura 4. Fotografía del modelo de Icopor con su vaciadero en yeso. A su lado, la pieza obtenida en aluminio utilizando un modelo semejante.

- La calidad superficial de la pieza fundida en general, estuvo determinada por la calidad superficial del icopor puesto que el metal copió hasta los más mínimos detalles. Figura 5.



Figura 5. Fotografía de detalle del aspecto superficial de la pieza fundida. Obsérvese como el aluminio copió las características del modelo de icopor.

- Un defecto frecuente en la superficie de la pieza consistió en la presencia de pliegues como se puede apreciar en la Figura 6. Este defecto parece deberse a las características de la pintura.

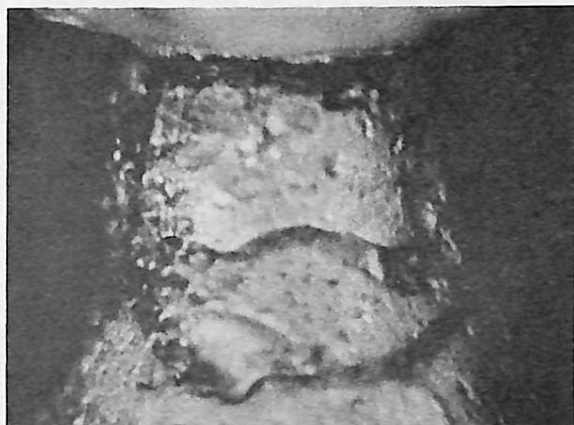


Figura 6. Fotografía de detalle del pliegue formado en el cuello de la pieza fundida.

- Otro defecto importante radica en las grietas que se forman en la pieza debido a las grietas que se forman en los planos de junta del modelo, ocasionados por la contracción y poca uniformidad del pegante utilizado. La pieza fundida fue seccionada longitudinalmente como se aprecia en la Figura 7. En ella hay ausencia total de poros.



Figura 7. Pieza fundida seccionada longitudinalmente.

- En la parte interior de la pieza fundida a la altura de los senos, se presentaron dos defectos: uno de ellos arena adherida al metal y el otro un pliegue. Figura 8.

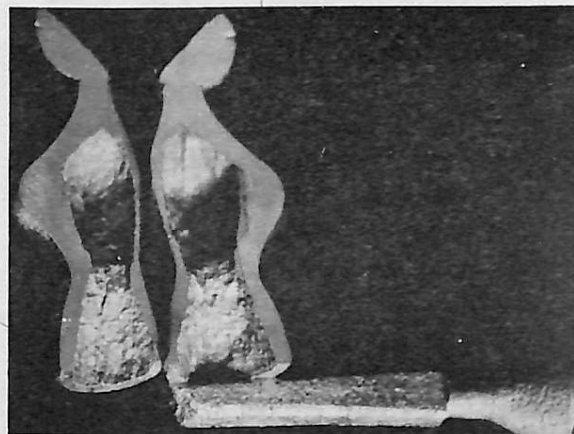


Figura 8. Fotografía de detalle de la pieza fundida y seccionada, mostrando la adherencia de arena y el pliegue formado en la parte interior a la altura del seno.

Ambos defectos parecen obedecer a una misma causa. Por la composición en que fue moldeada la pieza, la arena a pesar de la vibración no ascendió hasta hacer contacto con la superficie del modelo; por lo cual a la hora de entrar el metal, este rompió la capa de pintura y entró en contacto directo con la arena.

7.3 Recomendaciones para adaptar esta técnica.

7.3.1 En cuanto investigación

Los resultados de este ensayo alientan a emprender una investigación ordenada e intensa que permita apropiar esta técnica de molde a nuestro medio en corto tiempo. De acuerdo a los resultados obtenidos el estudio puede ser acometido en dos fases.

En una primera fase las actividades de investigación deberían dirigirse primordialmente a:

- Encontrar y/o desarrollar un pegante apropiado para las exigencias de calidad y productividad del método. Existen productos en el mercado internacional patentados; sería en-

tonces analizar que puede resultar más conveniente si su importación o su desarrollo.

- Apropiar y/o desarrollar una metodología para el ensamble de las partes del modelo con los pegantes. Esta es una fase crítica que incide grandemente en la calidad del producto terminado.
- Importar y/o desarrollar pinturas para el recubrimiento de los modelos de icopor. Debe tenerse presente que el empleo de pintura apropiada y su correcta aplicación es quizá factor más decisivo para la obtención de una buena pieza fundida.
- Estudiar la posibilidad de que los fabricantes de utensilios y artículos de icopor del país, puedan producir los modelos con las características exigidas internacionalmente. Debe recordarse que la calidad superficial de la pieza, así como la cantidad de gases generados dependen directamente de este material.

Una vez se logre un manejo satisfactorio de las técnicas específicas ya mencionadas, podría acometerse una segunda fase de investigación dirigida especialmente a:

- Optimizar el proceso de moldeo en cuanto a la granulometría de la arena a utilizar, cantidad, densidad y modo de vibración a aplicar en la fase de moldeo.
- Diseño y ejecución de sistemas de colada apropiadas al método.
- Evaluación económica para determinar las condiciones de producción apropiadas según las condiciones locales.

7.3.2 Para abordar su utilización inmediata

El poliestireno expandido, ofrece una serie de posibilidades para uso inmediato por parte del fundidor colombiano, seguidamente se enumeran algunas de ellas:

- Elaboración de moldes en arena aglutinada con silicato de Na-CO₂ y quemado previo del modelo en producciones unitarias.
- Elaboración de cierto tipo de mazarotas de difícil ubicación en moldeo corriente.
- Elaboración manual de modelos a bajo costo, para producciones unitarias.

8. CONCLUSION

Se ha descrito de una manera breve un método de moldeo que ha irrumpido en los países desarrollados con gran furor y que parece haber encontrado ya su sitio de honor dentro de los métodos de moldeo.

Más que instruir sobre la técnica reciente, el presente artículo ha querido motivar al fundidor a que implante no sólo este método sino muchos otros.

La apropiación de esta técnica en Colombia no parece difícil, pues los resultados obtenidos fueron alentadores, especialmente si tiene en cuenta que todos los insumos utilizados en los ensayos son de procedencia nacional.

No obstante los resultados, la industria debe entender que una correcta utilización del método demanda una investigación previa, la interfase Universidad - Industria, se presenta como una de las estrategias para acometer la apropiación de estas técnicas de actividades de investigación.

BIBLIOGRAFIA

CERMAK, Carel. 'New techniques for making accurate form patterns. Modern Casting. Sept. 1989. pp. 34-35

FLEMMINGS, Merton Taylor, H. Foam Vaporization casting. AFS transactions, Vol 96. pp. 665-672 (1987)

HARSLEY, Ron. The function of tooling in evaporative pattern molding. Modern Casting. Sep. 1989. pp. 32-33

LOPEZ, Carlos. La fundición con modelos gasificables. Uso del poliestireno expandido. Investigación realizada en la Universidad del Valle con el patrocinio de Colciencias. Bogotá, septiembre de 1980.

WITTMOSER, A. Full Mold Casting. ASF transactions, Vol 72, PP 292 - 303 (1964)