

P - 35.179

JL/pl-3391/67-C.E.A.  
"D.3566 C-Refroidissement de  
pieces moulees (modifie)



340211

**Memoria descriptiva**

**340211**

para solicitar **PATENTE DE INVENCION**

por **20 años**

a nombre de **COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE**

entidad / de ~~nacionalidad~~ **francesa**

con domicilio en **29, rue de la Fédération, París, Francia.**

por: **"PROCEDIMIENTO DE MOLDEO DE PIEZAS METALICAS"**  
**(CLASE INTERNACIONAL B22d)**



El invento se refiere a los procedimientos de moldeo de piezas metálicas y, más particularmente, porque es en su caso cuando su aplicación parece que debe presentar el máximo interés, pero no exclusivamente, entre estos procedimientos, a los aplicados al moldeo de piezas metálicas de poco espesor por colada.

Se sabe que la realización en un molde de piezas metálicas de poco espesor por colada presenta numerosas dificultades que son agravadas todavía cuando el metal a emplear debe ser fundido y colado en vacío, lo que es el caso, especialmente, para el uranio y sus aleaciones.

Los defectos más molestos son las cavidades y porosidades que aparecen cuando la temperatura del molde es insuficiente. Son, ya defectos de superficie procedentes de una solidificación que tiene lugar sobre las paredes del molde antes de que el llenado sea total, ya cavidades internas procedentes de condiciones de enfriamiento tales que varios frentes de solidificación, que progresan simultáneamente, encierran metal líquido. Es posible remediar estos defectos calentando el molde y diseñándolo de manera conveniente a fin de crear gradientes térmicos y obtener de este modo un frente de solidificación que progresa regularmente de abajo hacia arriba de la pieza.

Este método es eficaz pero crea heterogeneidades de velocidades de enfriamiento del metal o heterogeneidades de talle del grano. Por otra parte, tiene límites y existe un valor crítico de la relación entre el volumen y la superficie de la pieza por debajo del cual

340211



el efecto de los gradientes térmicos no se hace ya sentir y en que es imposible remediar las porosidades. Es preciso entonces colar piezas brutas con sobregresos y mazarotas, lo que se traduce en un aumento de las cantidades de metal a emplear y de las duraciones de mecanizado, por consiguiente, en una elevación del precio de coste.

Las tentativas de remediar, en los procedimientos conocidos, los defectos citados modificando los parámetros de la operación de moldeo, tales como la temperatura inicial del metal a colar, la temperatura del molde, los gradientes de temperatura en el interior del molde, la forma y la capacidad calorífica de éste, conducen inevitablemente a selecciones contradictorias. Por ejemplo, es necesario tener un molde caliente y un enfriamiento lento para obtener un llenado correcto al paso que se necesitaría un enfriamiento rápido y uniforme para obtener un metal de estructura de grano fino.

A esto se añade que es indispensable, en los procedimientos conocidos, someter las piezas moldeadas a un tratamiento térmico ulterior o recodido, denominado "de eliminación de las tensiones". En ausencia de tal tratamiento, las piezas moldeadas tienen tendencia a deformarse en el curso de la mecanización o de su utilización ulterior.

El invento tiene por objeto, sobre todo, hacer tales dichos procedimientos que respondan mejor que hasta ahora a las diversas exigencias de la práctica, especialmente en el sentido de permitir la realización de piezas metálicas delgadas, sanas, que presenten un excelente es-



tado superficial y un grano sensiblemente predeterminado, moldeadas, en su caso, directamente a las cotas deseadas y exentas de fisuras, rechupes, gotas frías, etc., y la supresión de los tratamientos térmicos ulteriores de las piezas moldeadas.

El procedimiento según el invento, que presenta la particularidad de que se separa completamente la operación de llenado del molde de la de enfriamiento del metal colado, haciéndolas totalmente independientes, se caracteriza por el hecho de que el conjunto del molde y del metal a moldear es llevado, antes de la operación de enfriamiento, a una temperatura superior al punto de solidificación del metal líquido citado, y que la operación de enfriamiento es efectuada luego por el contacto con el molde, de un material de enfriamiento constituido, de preferencia, por un metal o una aleación, en estado líquido o sólido, cuya temperatura inicial es inferior al punto de solidificación citado.

El procedimiento según el invento permite, además, sacar partido de parámetros suplementarios, especialmente de los parámetros siguientes:

la elección del metal enfriador que interviene por su temperatura de fusión, su calor específico y su calor latente de fusión;

la cantidad del metal enfriador;

la velocidad de introducción de éste a contacto con el molde;

Es así posible realizar un verdadero programa de enfriamiento que permite

- dirigir la progresión del frente de solidifica



ción en la pieza bruta de fundición,

- tener un enfriamiento rápido a fin de evitar el engrosamiento del grano,

- y luego un enfriamiento lento que permite la eliminación de las tensiones de la pieza colada evitando de este modo el recocido ulterior.

El invento, de cualquier modo, podrá ser bien comprendido con ayuda del complemento de descripción que sigue, así como del dibujo adjunto, cuya única figura muestra en sección un molde destinado a la realización de piezas moldeadas en forma de tubo y apto para el empleo del procedimiento según el invento, cuyos complementos y dibujo se dan, bien entendido, sobre todo a título de indicación.

Según el invento y más especialmente según aquél de sus modos de aplicación, así como según aquéllos modos de realización de sus diversas partes, a los cuales parece que hay que conceder la preferencia pues se proponen, por ejemplo, moldear una pieza metálica hueca en forma de tubo de poco espesor, como se representa en la figura, se procede ventajosamente como sigue o de una manera análoga.

En lo que se refiere en primer lugar a la operación de llenado del molde 1 por el metal de que debe estar constituida luego la pieza moldeada, estando este molde constituido, por ejemplo, como se representa en la fig. 1, por un recipiente externo 2 apropiado para recibir por encaje en su parte inferior 3 un recipiente interno 4, delimitando entre sí estos dos recipientes un espacio de moldeo 5 destinado a ser llenado por el metal a colar, se puede

340211



5 proceder, ya por precalentamiento del molde a una temperatura superior al punto de solidificación del metal líquido que es entonces colado en este molde (ventajosamente después de la desgasificación de éste en el caso de una pieza moldeada bajo vacío), ya por la fundición directa del metal a moldear en el molde, que serviría entonces de crisol.

10 En lo que se refiere a la etapa distinta de enfriamiento, se procede, conforme a la segunda operación del procedimiento según el invento, llevando a contacto con la zona 6 del molde a enfriar, en el caso del modo de realización representado en la fig., por llenado del recipiente interno 4, una materia de enfriamiento 7, en estado sólido o líquido, cuya temperatura es inferior al punto de solidificación del material colado al comienzo de dicha etapa de enfriamiento.

15 Según un modo de realización ventajoso del procedimiento según el invento, se procede ventajosamente al llenado progresivo del recipiente interior 4 con el material de enfriamiento, como se representa en la figura, de donde se deriva la posibilidad de regular a voluntad la progresión del frente 8 de solidificación en el molde. La solidificación se produce entonces, de abajo hacia arriba, con velocidades de enfriamiento idénticas. De ello resulta que los rechupes, fisuras y porosidades, debidos a las variaciones de densidad entre el metal fundido y el metal solidificado, no pueden formarse en la pieza moldeada.

20 Se obtiene así un procedimiento extremadamente flexible que permite considerar una regulación precisa de

340211

2 JUN



5 las condiciones del enfriamiento. En particular, es posible llevar y mantener el material a enfriar a una temperatura constante durante un período dado, fijada a la temperatura de solidificación del material de enfriamiento utilizado, de donde se deriva la posibilidad de regular las condiciones de cristalización durante el enfriamiento del metal colado, en particular la morfología y la dimensión de los granos en el metal solidificado.

10 El material de enfriamiento puede estar constituido por cualquier materia cuyo punto de fusión sea inferior al del metal a moldear, ventajosamente por un metal o aleación de bajo punto de fusión. En el caso de las aleaciones, se utilizan con ventaja fases frágiles, más fáciles de moler y de volver a llevar a una forma dividida después de su utilización. A título de ejemplo, suponiendo que se deseen regular las condiciones de enfriamiento de modo que se obtenga prácticamente un período constante a la temperatura de unos 650°, se utilizará ventajosamente una aleación cobre-estaño 50-50% cuyo punto de fusión es de este orden.

25 La elección del material de enfriamiento depende, además de su temperatura de fusión, de numerosos factores, entre los cuales figuran el calor latente de solidificación, los calores específicos de este material en estado sólido y en estado líquido.

30 La elección de la temperatura inicial del material de enfriamiento, de su estado inicial (sólido o líquido), de naturaleza y el espesor de las paredes del molde, en particular entre el metal colado y el material de enfriamiento) permiten, además, regular fácilmente el des-

340211



censo de temperatura del material, anterior y posteriormente al período constante citado.

En el caso en que el material de enfriamiento es introducido en el recipiente a una temperatura próxima a su punto de fusión, en particular en estado sólido, se obtendrá una caída brusca de la temperatura del molde hasta la temperatura del período constante mencionado cuya duración será función de la cantidad de material de enfriamiento utilizada. En la fase siguiente, el enfriamiento se retarda considerablemente con relación al enfriamiento del molde solo, por el hecho del aumento de la capacidad calorífica del conjunto.

Según una realización ventajosa de este procedimiento, se lleva a contacto con el molde (en el fondo del recipiente interno 4 en el caso del molde considerado en el dibujo) una pequeña cantidad de material de enfriamiento en estado líquido y a una temperatura sensiblemente igual a la del molde al comienzo de la etapa de enfriamiento. En su caso, esta pequeña cantidad de material de enfriamiento es llevada junto con el molde a la temperatura a la cual será luego efectuada la colada en estado líquido del metal a moldear. Esta pequeña cantidad de material de enfriamiento permite entonces, al comienzo de la etapa de enfriamiento propiamente dicha asegurar inmediatamente buenos intercambios térmicos entre el molde y el material de enfriamiento desde la puesta en contacto del molde con cantidades más importantes del material de enfriamiento sólido, gracias a la mejora así realizada de las superficies de contacto entre el material de enfriamiento y el molde.

340211

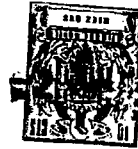


En el caso contrario en que el material de enfriamiento es introducido en el molde en estado fundido, el período constante de enfriamiento no será alcanzado más que al cabo de un tiempo que depende, no solamente de los factores más arriba considerados para el material de enfriamiento, sino también de los mismos factores en relación con el metal colado, lo mismo que de las relaciones de las masas entre el metal colado, el material de enfriamiento y el propio molde.

Se obtiene, así, un procedimiento extremadamente ventajoso porque permite la regulación a voluntad de las condiciones de solidificación del metal moldeado. Se puede operar tanto un enfriamiento rápido del metal colado como un enfriamiento realizado según un programa cuidado de descenso de la temperatura.

La solidificación dirigida y progresiva, en condiciones sensiblemente idénticas en toda la pieza, conduce, en particular en el caso de las piezas delgadas, a una estructura relativamente homogénea, exenta de contracciones de origen térmico, gracias a lo cual pueden moldearse evitando el mazarotado y los sobregrosos de mecanización directamente a las cotas deseadas o a cotas próximas si no se ha previsto compensar la retracción, por lo demás notablemente reducida, de la pieza moldeada, por el dimensionado apropiado de los moldes. Además, no es indispensable someter estas piezas moldeadas al tratamiento térmico de "eliminación de tensiones" mencionado, produciéndose esta eliminación de las tensiones probablemente por sí misma en el curso de la etapa final decelerada de enfriamiento considerada antes.

340211



La regulación de las condiciones de temperatura permite actuar sobre la morfología y las dimensiones de los granos en la pieza moldeada, lo mismo que sobre las transiciones de fase. Este procedimiento demuestra ser particularmente ventajoso para el moldeo de piezas delgadas de uranio, plutonio, torio, berilio, circonio, titanio, níquel, vanadio, cromo, molibdeno o aleaciones de los mismos, de metales refractarios, etc. En particular, se aplica ventajosamente al moldeo de las piezas de aleación de uranio utilizadas como combustible nuclear. El procedimiento según el invento permite, gracias a un enfriamiento brusco de coladas de aleación de uranio, obtener piezas moldeadas que presentan una estructura policristalina de grano muy fino. resistentes a las deformaciones bajo la irradiación, deformaciones que limitan la permanencia en la pila y, por tanto, el índice de utilización de estas piezas.

A título de ejemplo, el procedimiento según el invento ha sido practicado de la manera siguiente en la fabricación de tubos de uranio con paredes de 6 mm de grueso, que presentan las cualidades perfectas requeridas para su utilización como combustible nuclear y sensiblemente con la forma representada en el dibujo, teniendo estos tubos una altura de 400 mm., un diámetro de 200 mm en su parte alta y de 150 mm en su parte baja. Se ha colocado uranio líquido en un molde del tipo representado de grafito con un revestimiento refractario interior y se ha producido el enfriamiento con estaño sólido vertido en el recipiente interior 4 para obtener un tubo bruto de fundición con paredes de unos 8 mm de grueso. Este tubo ha



sido luego mecanizado, especialmente sometido a un tratamiento superficial y de pulido, para la formación del tubo final mencionado con una superficie sensiblemente perfecta.

5                   Una ventaja suplementaria del procedimiento según el invento reside en la posibilidad de moldear piezas incluso de formas complejas.

10                   Se obtiene así un procedimiento de moldeo, especialmente de piezas que pueden presentar espesores muy pequeños y que varían, por ejemplo, de varios milímetros a un milímetro o incluso menos cuyas ventajas resaltan suficientemente de lo que precede para que resulte inútil insistir respecto a ellas.

15                   Como es evidente, y como resulta por lo demás ya de lo que precede, el invento no se limita en modo alguno a aquéllas de sus formas de realización ni tampoco a aquellos modos de realización de sus diversas partes que han sido considerados especialmente; abarca, por el contrario, todas sus variantes, especialmente aquéllas en las cuales  
20                   se considere la fabricación de piezas metálicas delgadas o gruesas que presenten formas variadas, pudiendo el material de enfriamiento ser puesto en contacto con estas piezas por todos sus lados.

25                   Esta solicitud que corresponde a la presentada en Francia el 7 de Mayo de 1.966, bajo el número 60.696, se acoge a los beneficios del Artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.



N O T A

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España por VEINTE años, son los siguientes:

5

10

15

1.- Procedimiento de moldeo de piezas metálicas, especialmente de pequeño grueso, a partir del metal correspondiente contenido en un molde, caracterizado porque el conjunto del molde y del metal a moldear es llevado, antes de la operación de enfriamiento, a una temperatura superior al punto de solidificación del metal líquido mencionado, y porque la operación de enfriamiento es efectuada a continuación por la puesta en contacto del molde con un material de enfriamiento constituido de preferencia por un metal o una aleación, en estado líquido o sólido, cuya temperatura inicial es inferior al punto de solidificación citado.

20

2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el molde es precalentado a una temperatura superior al punto de solidificación del metal a moldear, siendo éste luego colado, en estado líquido, en el molde así precalentado.

340211



3.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el metal a moldear es fundido en el interior del molde.

5  
10  
4.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque se efectúa en un molde constituido por un recipiente exterior apropiado para recibir por encaje en su parte inferior un recipiente interior, delimitando entre sí estos dos recipientes un espacio de moldeo destinado a ser llenado por el metal a colar, efectuándose el enfriamiento por llenado del recipiente interno con el material de enfriamiento.

15  
20  
5.- Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque el material de enfriamiento es sólido y presenta un punto de fusión inferior al punto de solidificación del metal a moldear y porque una pequeña cantidad de este material, destinada a facilitar el contacto térmico ulterior entre el molde y el material de enfriamiento en el curso de la operación de enfriamiento, es llevada con el molde a una temperatura superior al punto de solidificación del material a moldear.

6.- Procedimiento de moldeo de piezas metálicas.

25  
Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en el dibujo que se acompaña y para los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de catorce hojas escritas a

340211



2

máquina por una sola cara.

Madrid,

2 JUN 1967

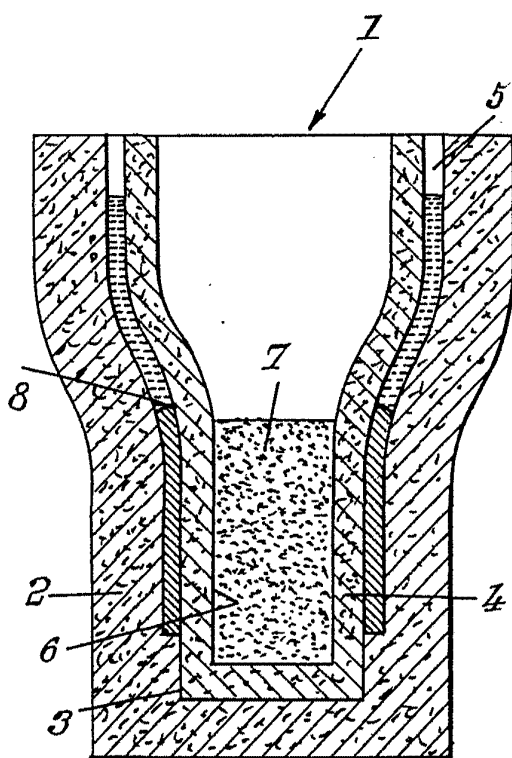
P. A.

Alberto de Echevarría  
*Alberto de Echevarría*

340211



340211



Alberto *[Signature]*