

380294



28 SET. 1972

SECCION TECNICA
CLASIFICACION I. P. C.
CLASE <u>B 30</u>
SUBCLASE <u>B</u>

PATENTE DE INVENCION

Order Letter Nº 3191.

**380294**

## *Memoria Descriptiva*

*sobre:*

PROCEDIMIENTO PARA CONSOLIDAR CUERPOS METALICOS O CERAMICOS

=====

*Solicitante:* WHEELING-PITTSBURGH STEEL CORPORATION, entidad norteamericana, residente en Four Gateway Center, Pittsburg, Pensilvania, EE.UU. de A.

=====

El presente invento se refiere a un procedimiento para consolidar un cuerpo metálico o cerámico, y en particular se refiere a un procedimiento para consolidar un cuerpo metálico bajo presión elevada hasta

5. alcanzar una densidad mucho mayor.



380294

- En la tecnología anterior ya se conoce la operación de consolidar una pieza metálica colocándola en un recipiente y sometiendo el recipiente y la pieza o cuerpo a compactación a presión elevada necesaria para consolidación del cuerpo metálico. Dicho procedimiento exige la formación inicial de recipientes que no se pueden volver a utilizar en virtud a su deformación durante la compactación y, por consiguiente el procedimiento tiene limitaciones en varios aspectos, principalmente limitaciones de carácter económico y de velocidades de producción o capacidades que se resuelven notablemente por medio del procedimiento básicamente más simple y más directo del presente invento.
- 5.
- 10.

- El presente invento difiere en general de los procedimientos de la tecnología anterior por el empleo de grano refractario reutilizable y fluido y que se caracteriza porque un cuerpo metálico o cerámico previamente calentado se empotra para efectuar su consolidación quedando alojado temporalmente en un recipiente cuyo contenido de grano y cuerpo precalentado se desplaza a la cavidad de un molde de consolidación.
- 15.
- 20.

- Entre los beneficios que ofrecen los procedimientos del invento se encuentra el calentamiento más rápido de las cargas, contaminación mínima del material refractario o cerámico y capacidad de recuperación del material cerámico por medio de operaciones simples de bajo costo. Con el invento se consigue un control óptimo de las temperaturas de consolidación, tiempos de mínimos de puesta en marcha y detención junto con el empleo de un sistema de calentamiento y transferencia accesible
- 25.
- 30.





5. tario puede servir la doble función de actuar como medio de transferencia de presión de compactación y también como medio para conservar el calor en la pieza a elaborar, asegurando de este modo el mantenimiento de los niveles de temperatura necesarios para la consolidación de la pieza a elaborar.

10. El invento comprende también el empleo de una técnica que comprende el uso de un recipiente calentado temporalmente para recibir inicialmente la pieza precalentada y empotrar grano refractario y para la transferencia del recipiente desde lo que se puede llamar una sección de carga hasta una sección de descarga o compactación, en la que el contenido del recipiente se desplaza a la cavidad de un molde resistente a las presiones elevadas para la consolidación final de la pieza a elaborar. De este modo, el recipiente sirve principalmente como medio de transferencia de material y no es necesario diseñarlo para que resista presiones elevadas, puesto que la aplicación de la presión elevada de consolidación queda reducida al molde.

20. Los materiales y operaciones empleados se adaptan a una secuencia de elaboración según la cual la pieza a elaborar previamente calentada, que se ha preformado en un estado unificado con una densidad relativamente baja, se introduce en el recipiente caliente en una sección de carga seguido de la introducción en el recipiente de una cantidad medida de grano refractario. Este procedimiento puede comprender también la separación y retorno de una tapa de recipiente caliente, en sincronización con la carga del recipiente, transferencia del mismo al lugar



del molde y, finalmente, desplazamiento del contenido del recipiente a la cavidad del molde, según se explicará más adelante. En la sección de carga se puede efectuar una compactación previa del grano refractario por medio de un macho con las medidas necesarias para penetrar en el recipiente con su tapa separada.

5.

Después de desplazar el recipiente para alinearlo superpuesto a la cavidad del molde, un macho de movimiento alternativo vertical desplaza el grano y la pieza a elaborar, incluyendo la capa inferior de grano,

10.

introduciendo el conjunto en la cavidad donde el avance continuado del macho, somete al cuerpo o pieza a una gran presión de compactación por transferencia de presión a través del grano, siendo las temperaturas y presiones empleadas, según se ha indicado anteriormente, suficiente para consolidar el cuerpo para que su densidad aumente en más del 95 %, en la mayoría de los casos cerca de 100 %, de la densidad máxima teórica.

15.

De este modo, debido al estado físico de los dispositivos incluyendo el uso de grano refractario de libre fluencia y capacidad de rápido desplazamiento del recipiente caliente, se pueden conseguir velocidades elevadas de producción de una amplia variedad de productos metálicos consolidados con tamaños, formas y composiciones particulares igualmente variables.

20.

El invento se comprenderá mejor tomando como referencia la descripción detallada del dibujo adjunto que ilustra esquemáticamente las secuencias normales de operación y procedimiento del invento.

25.

El procedimiento se puede considerar que com-

30.



- prende: en general medios indicados por el número 10 para alimentar grano refractario desde una fuente de suministro 10 a un recipiente 11 en la sección de carga en la que el recipiente recibe también la pieza pretensada
5. caliente 12, después de lo cual el recipiente cargado se transfiere a la sección de consolidación debajo del macho 13 y alineada con la cavidad del molde 14 que recibe el grano de empotramiento compacto y el propio cuerpo pre formado con resultado del desplazamiento del recipiente
10. 11 efectuado por el macho descendente 13.

- Se comprenderá que la fuente de suministro indicada por el número 10 se debe considerar simplemente como ilustrativa de cualquier medio apropiado para descargar de una forma controlable el grano al aparato, en estado caliente o sin calentar. Cuando, como suele ser más
15. normal, el grano recibe un cierto grado de precalentamiento, el calor se puede suministrar mediante elementos 24 embebidos en el grano con una separación suficiente para asegurar un calentamiento eficaz y uniforme de dicho grano.
- 20.

- Los materiales de grano refractario que se suelen utilizar se pueden caracterizar porque comprende cualquiera de los materiales cerámicos o mezclas de estos materiales, compuestos refractarios, carbón y grafito. El término "materiales cerámicos" se debe considerar que comprende aquellos compuestos metálicos químicamente combinados y aquellos otros compuestos que han llegado a caracterizarse como materias cerámicas. Estos comprenden óxidos metálicos de cualquiera de los elementos
25. silicios, aluminio, bario, calcio, magnesio, torio y
- 30.



- filconio, así como aquellos óxidos compuestos, como son las combinaciones de óxido de silicio, calcio o magnesio que existen en tierras y arcillas; igualmente quedan comprendidos los sulfatos metálicos, v.g. sulfatos de bario o calcio; aluminatos, v.g. aluminatos de calcio o magnesio; silicatos, v.g. silicatos de aluminio, calcio o filconio; y fluoruros tales como el fluoruro de calcio. El término "compuesto refractario" comprende aquellos compuestos inorgánicos de elevada temperatura de fusión que no siempre se caracterizan como materias cerámicas, y que comprenden los nitruros, boruros, carburos, siliciuros y sulfuros, metálicos y no metálicos, en forma de compuestos simples o complejos. No es necesario añadir aglutinante al grano refractario. No obstante, se pueden añadir aglutinantes si no interfieren en la fluencia y compactación del grano, si no contaminan el producto consolidado y si ofrecen ventajas positivas como puede ser la reducción al mínimo de la pérdida de grano refractario en las operaciones de transferencia.
- El tamaño práctico de grano refractario para este proceso de elaboración es el grano cuyo tamaño de partículas está comprendido entre 325 mallas a 100 mallas, aún cuando se pueden utilizar granos y mezclas más gruesas y más finas, para fines especiales. El grano más fino tiende a formar polvo y puede ser que no alcance el grado de compactación o la densidad elevada del grano más grueso. El grano más grueso suele penetrar más profundamente en la superficie de una pieza en consolidación que un grano más fino, con lo que es más difícil que la superficie de la pieza sea una superficie totalmente lim-



380294

5. pia. Puede ser conveniente, en algunos casos, emplear mezcla controladas de tamaños de partícula para obtener mejores características del grano.

5. El grano se puede calentar previamente o no, dependiendo principalmente: del tamaño y configuración de la pieza que se ha de consolidar; conveniencia de limitar el costo y complejidad de los mecanismos de transferencia del grano; velocidad a la que han de consolidar las piezas; consideraciones de pureza química, según se describirá más adelante con detalle. Si el grano contiene volátiles que pudieran dañar la pieza o cuerpo en consolidación (como por ejemplo el vapor de agua ) se puede calentar previamente en una operación por separado para eliminar los compuestos volátiles, y almacenarse en condiciones de limpieza y sequedad hasta el momento de su uso, o bien el grano se puede precalentar directamente antes de cargarlo en el recipiente caliente de transferencia.

20. Cuando se trata de lingotes y piezas sólidas de gran tamaño, donde el volumen del grano es pequeño con relación al volumen de la pieza, puede ser más práctico y económico no calentar previamente el grano a una temperatura elevada antes de cargar el grano en el recipiente caliente de transferencia alrededor de la pieza. En estas circunstancias, este recipiente caliente de transferencia descrito y/o la pieza caliente proporcionarían la capacidad térmica para poner el grano a una temperatura satisfactoria antes de la consolidación y durante dicha consolidación. Los factores principales que influyen en los procedimientos de calentamiento se-
- 25.
- 30.

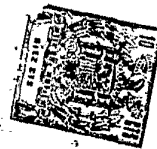


- rian: el volumen del grano con relación al volumen de la pieza; la conductividad térmica de la pieza para asegurar que la pérdida de calor de la superficie de la pieza al grano circundante se repusiera rápidamente por flujo térmico procedente de la masa interna de la pieza sin crear gravientes de temperatura indeseables en dicha pieza; la capacidad de la pieza para ponerse a una temperatura más elevada de la necesaria para la consolidación, con el fin de proporcionar la capacidad térmica extra necesaria para el calentamiento del grano; y la capacidad del grano para fluir y deformarse debidamente con el fin de distribuir las presiones consolidación en condiciones de temperatura inferior a la temperatura máxima.
5. 10.

15. Cuando se trata de piezas con forma de menor tamaño, piezas huecas y piezas que se hayan de consolidar a una velocidad máxima con un máximo control de temperatura, se obtienen mayores ventajas precalentando el grano a una temperatura elevada correspondiente a la temperatura de consolidación de la pieza o temperatura superior, antes de cargar el grano al recipiente de transferencia. Este procedimiento puede eliminar productos volátiles, evitar la pérdida térmica de piezas antes de la consolidación, y proporcionar un flujo más rápido de piezas a lo largo del proceso de elaboración con un sistema o instalación menor para el manejo de las piezas.
20. 25.
- También reduce al mínimo el tiempo de contacto entre el grano y la pieza que se ha de consolidar, a las temperaturas elevadas donde pueden tener lugar reacciones superficiales.

30. Normalmente, para la consolidación de hierro y

380294



- otras aleaciones de una temperatura similar de fusión un grano de óxido de aluminio fundido con un tamaño de -100 mallas proporcionar características satisfactorias para este procedimiento. Es resistente el autoaglutinamiento y sinterización cuando fluye sobre una solera caliente utilizada para el precalentamiento. Se compacta bien por vibración o retacado alrededor de una pieza que ha de consolidar (normalmente a una densidad de aproximadamente un 50% de la densidad teórica) para proporcionar un soporte externo e interno firme para la pieza durante las operaciones de transferencia. Durante la consolidación a temperaturas del orden de 1037°C. a 1260°C., fluye triturándose y deformándose hasta alcanzar una densidad de aproximadamente el 80% de la densidad teórica, dependiendo la densidad final principalmente del material del grano particular empleado, su tamaño y distribución de particular, y la temperatura y presión de consolidación. Como la pieza y el grano se comprimen longitudinalmente en la consolidación, el grano fluye distribuyendo presiones con una uniformidad suficiente para que la pieza se consolide a una densidad igual o próxima a la densidad teórica.
- 5.
- 10.
- 15.
- 20.

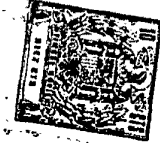
- En la consolidación, la configuración en sección transversal de la pieza se mantiene esencialmente mientras que la longitud de dicha pieza se reduce en proporción al cambio de densidad. En el grano se mantiene normalmente una porosidad continua suficientemente abierta para permitir el escape de gases de la pieza en consolidación. El grano de alúmina fundida es relativamente inerte desde un punto de vista químico respecto a la mayoría de los metales a temperaturas que alcanzan hasta unos 1204°C. y, después de la
- 25.
- 30.



- consolidación y expulsión del molde, el grano se rompe y se limpia fácilmente con chorro de arena de la superficie de la pieza. Durante la consolidación, el grano actúa como barrera térmica satisfactoria para evitar el flujo térmico de la pieza al molde, por lo que la pieza desarrolla propiedades consolidadas uniformes a través de su masa.
- 5.

- Con muchos productos, la menor dureza y mayor capacidad de deformación del silice ( $\text{SiO}_2$ ) a temperaturas elevadas puede hacer conveniente el uso de silice o un material similar como grano refractario. Para consolidaciones a temperaturas muy elevadas (por ejemplo con metales refractarios y compuestos refractarios), puede ser conveniente emplear materiales tales como el óxido de torio, óxido de filconio nitruro de boro, carbón, etc., como simples compuestos o en combinación con otros materiales refractarios, para proporcionar mejores propiedades de consolidación que los granos refractarios de temperaturas inferiores de fusión. Puede ser necesario o conveniente eliminar material de grano refractario de la pieza consolidada por medios químicos, o para obtener otras propiedades particulares que puede emplear grano refractario soluble al ácido, como es el óxido de magnesio u óxido de calcio.
- 10.
- 15.
- 20.

- Refiriéndonos ahora a pieza pretensada 12, cuya composición determina la composición del producto final consolidado, los compuestos generales en polvo que se pueden consolidar en productos empleando el método de grano suelto comprenden lo que sigue: polvos elementales puros mezclados, v.g. Mo, Fe, W, Ni, Cr, Co, etc.; polvos previamente aleados, v.g. acero inoxidable; compuestos cerámicos y refractarios tales como óxidos metálicos, carburos, beruros, nitruros, etc.
- 25.
- 30.



mezclas de metales y materias cerámicas, metales y carburos, etc., v.g. aleación de Fe con óxido aluminico añadido; y combinaciones materiales como núcleos encamisados, fibras y polvo. Se pueden emplear aglutinantes si son compatibles con las técnicas de calentamiento y las propiedades finales necesarias en el producto.

5.

El tamaño de particular del material en polvo puede ser el empleado en la pulvimetalurgia tradicional y puede variar desde menos de 1 micra de promedio de diámetro hasta un tamaño de partícula de aproximadamente 30 mallas o aún mayor.

10.

Los productos que se han de consolidar por el procedimiento de grano suelto deben tener un producto preliminar mediante el cual retengan su forma e integridad durante el calentamiento y manejo, antes de su inclusión en el grano refractario. Los métodos normales empleados para obtener los productos preformados comprenden: el polvo se apelmaza en un recipiente (por ejemplo de superaleación pulverizada de gran dureza apelmazado en un recipiente de metal o en un recipiente metalizado, de metal fundido o de materia cerámica); el polvo se apelmaza en un recipiente o molde y se sinteriza previamente para obtener propiedades preliminares o difusión inicial antes de la consolidación (por ejemplo polvo de tusteno electrolítico apelmazado y sinterizado previamente en un molde de dos piezas de materia cerámica); el polvo se prensa formando un producto preliminar con o sin recipiente, (por ejemplo polvo de aleación de hierro prensado isostáticamente en un molde elástico para formar un engranaje u otra pieza, o polvo de acero para herramientas prensado en el interior de un recipiente tubu-

15.

20.

25.

30.



lar en un troquel de acero; el polvo se prensa formando un producto preliminar, con o sin recipiente, y se sinteriza previamente antes de la consolidación ( por ejemplo una mezcla compuesta de polvos elementales de acero inoxidable que se beneficie de un tratamiento térmico de difusión antes de la consolidación).

5. La temperatura a la que se ha de calentar el material para la consolidación depende de la composición y forma del producto; las propiedades consolidadas deseadas (por ejemplo estructura metalúrgica, solidez, densidad, etc.), las presiones unitarias disponibles en la consolidación; reacciones en potencia con el grano refractario; y la velocidad de producción de proceso de elaboración. En general, es conveniente consolidar la pieza a la temperatura más elevada que ofrezca seguridad y que sea compatible con la obtención de la densidad, propiedades y calidad exigidas en el producto final. Normalmente se puede elegir un grano refractario que permita la consolidación satisfactoria en consonancia con estas consideraciones. Los ejemplos expuestos a continuación ilustra la forma en que se puede elegir las temperaturas específicas de consolidación:

10. a. Para algunas aleaciones como son las aleaciones de Ti-Al-V, puede ser conveniente efectuar la consolidación a una temperatura inferior a unos 996°C ( en términos generales un 62% a la temperatura a la que la aleación comienza a fundirse) para mantener una estructura alfa. Se deberá disponer de presiones unitarias del orden de 49 Kg/mm<sup>2</sup>. si se desea conseguir una consolidación con una densidad total a una temperatura de 996°C. Puede ser

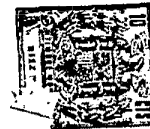
15.

20.

25.

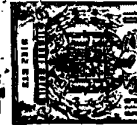
30.

380294



- 14 -

- necesario un tratamiento térmico subsiguiente para desarrollar las propiedades plenas de la aleación.
- b. Algunas de las superaleaciones (como son las aleaciones a base de níquel y de cobalto) tienen una solidez elevada y una gran resistencia a la deformación a temperaturas próximas a sus puntos de fusión. Con estas aleaciones, se pueden obtener densidades total y buenas propiedades efectuando la consolidación dentro de los límites de temperatura de 1149-1260°C. ( en general de un 90 a un 98% de la temperatura a la que comienza la fusión), empleando presiones de aproximadamente 49Kg/mm<sup>2</sup>.
- 5.
- 10.
- c. Con polvos de acero inoxidable previamente aleados, se obtienen densidades totales y buenas propiedades efectuando la consolidación a una temperatura comprendida entre 1093 y 1204°C. (aproximadamente de un 75 a 85% de la temperatura a la que comienza la fusión), empleando presiones de aproximadamente 42Kg/mm<sup>2</sup>.
- 15.
- 20.
- d. Con aceros inoxidables elaborados a partir de polvos elementales mezclados tales como hierro, níquel, cromo y molibdeno, las temperaturas de precalentamiento del orden de 1260-1315°C. ( aproximadamente un 85 a un 95% de la temperatura a la que comienza la fusión) acelerarán la difusión de los elementos de la aleación y permitirán un flujo más rápido del producto a lo largo del proceso de elaboración. La consolidación se puede efectuar todavía a una temperatura menor del orden de 1093°C. a 1204°C., por razones de manejo en otras razones.
- 25.
- 30.



- e. Con aceros para herramientas y aceros de aleación elaborados a partir de polvos elementales mezclados, los factores principales que determinan las temperaturas de precalentamiento y consolidación comprende: los tamaños de partícula de los polvos utilizados; las propiedades que se desean en el producto; la velocidad de producción deseada; y las mejores condiciones para la reducción de oxígeno en los polvos por exceso de carbono en las mezclas combinadas. Normalmente, estas aleaciones se precalentarán a 1204-1315°C. antes de la consolidación (aproximadamente un 75 a 95% de la temperatura a que comienza la fusión), efectuándose la consolidación a una temperatura de aproximadamente 1204°C., empleando presiones del orden de 42 Kg/mm<sup>2</sup> o mayores presiones.
- f. Con un metal refractario como es el molibdeno se ha conseguido una consolidación por encima del 99% de la densidad teórica a una temperatura de aproximadamente 1649°C. (63% del punto de fusión), empleando presiones de aproximadamente 49Kg/mm<sup>2</sup>. mantenidas solamente durante una fracción de segundo. Otras pruebas han indicado que para consolidar tungsteno en cuestión de segundos hasta alcanzar una densidad próxima a la densidad teórica se necesitan temperaturas de consolidación del orden de 1815°C. (54% del punto de fusión) y presiones de aproximadamente 49 Kg/mm<sup>2</sup>.
- Algunas etapas del proceso de elaboración se pueden realizar en atmósfera controlada, cuya composición se de-
- 5.
  - 10.
  - 15.
  - 20.
  - 25.
  - 30.

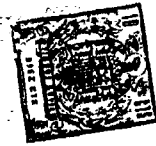


termina previamente teniendo en cuenta factores tales como los materiales empleados y su comportamiento en las temperaturas a las que se han de ver expuestos. Por consiguiente, en el dibujo el número 15 indica el contorno general de un recinto dentro del cual pueden quedar comprendidas las diversas etapas del proceso.

5. Se pueden emplear una variedad de gases para la atmósfera del proceso de elaboración, que comprende gases inerte, reductores, oxidantes, cementantes, de nitruración, y gases neutros. Se pueden emplear por separado o mezclados. Su finalidad normal es proteger el equipo o aparato de calentamiento, el grano refractario, y/o el producto que se consolida. La elección de una atmósfera específica para calentar y consolidar un producto particular dependerá principalmente de ciertas propiedades de los gases tales como: reactividad o inerteidad con relación al producto y/o el grano refractario; solubilidad en el producto; conductividad térmica; densidad; capacidad para la purificación; conveniencia relativa al uso y evitación de contaminación; y costo.

10. El argón es un ejemplo de gas inerte disponible en cantidad en una forma de gran pureza a un costo aceptable. La elevada densidad y peso atómico del argón y su gran tamaño atómico son propiedades favorables para el diseño de los aparatos de calentamiento y transferencia para evitar fugas y contaminación por otros gases. La baja conductividad térmica del argón puede reducir la pérdida de calor del producto después de haber alcanzado la temperatura necesaria y durante las operaciones de transferencia. Es un gas verdaderamente inerte, no explosivo y se puede purificar satisfactoriamente para su recirculación.

15.  
20.  
25.  
30.



- El hidrógeno es un ejemplo de gas reductor disponible en forma pura y en cantidad a un costo aceptable. El hidrógeno se disuelve y/o reacciona con unos materiales (v.g., titanio, circonio, carbono, boro), y su uso con dichos materiales puede exigir técnicas especiales o medidas protectoras. Su baja densidad y peso atómico crean problemas relativos a la evitación de la retrodifusión de aire en los recintos llenos de hidrógeno. Su elevada conductividad térmica puede aumentar notablemente las exigencias de aislamiento para los aparatos de calentamiento y puede producir pérdidas rápidas de calor de la superficie de una pieza caliente cuando se transfiere desde una sección de calentamiento. El hidrógeno es explosivo cuando se mezcla con cantidades relativamente pequeñas de oxígeno. Se puede purificar fácilmente y su costo considerablemente menor que el costo del argón.
- 5.
- 10.
- 15.

Otros gases que se pueden emplear con el procedimiento del invento son aquellos gases tales como helio, nitrógeno, amoníaco, disociado, monóxido de carbono, gases endotérmicos y exotérmicos, hidrocarburo, etc. utilizados de una formaseparada o mezclados para obtener propiedades específicas.

20.

Para algunas aplicaciones puede ser conveniente calentar previamente el producto antes que su consolidación en un vacío parcial o total que ayude a eliminar productos gaseosos de reacción (v.g. monóxido y bióxido de carbono procedentes de la reducción por carbono de óxidos en una mezcla de polvo), o que ayude a eliminar productos volátiles tales como el azufre. Con la mayoría de los productos parece ser que es más práctico llevar a cabo la transferencia final y

25.

30.

380294



consolidación en una atmósfera gaseosa en lugar de emplear vacío.

- De nuevo, tomando como referencia el dibujo, se ilustra que el grano refractario se alimenta bajo el control de
5. una compuerta de descarga 16 al recipiente de transferencia 11 hasta alcanzar una profundidad suficiente para embeber totalmente la pieza pretensada 12. Inicialmente se puede introducir una cierta cantidad del grano en el recipiente hasta una profundidad suficiente para formar una capa inferior
  10. L que se desplaza ulteriormente del recipiente junto con el grano y carga pretensada en la sección de consolidación. El macho 17, que se puede calentar o no, entra en acción para compactar la capa L descendiendo en el recipiente de boca abierta, y para apelmazar también el grano sobre la pieza
  15. pretensada 12. Una vez cargado el recipiente, se desplaza su capa 18 para cerrar el recipiente y su contenido. Si se desea, se puede habilitar calentadores como los indicados por los números 19 y 20 para calentar el recipiente, continuando o no el calentamiento hasta su llegada a la sección de consolidación. Para la transferencia de la pieza pretensada ca-
  20. liente, se pueden emplear medios apropiados tales como pinzas 21 y, cuando sea un factor de importancia la conservación del calor de la pieza pretensada, se puede habilitar un dispositivo de calentamiento circundante 22. De este modo, al
  25. finalizar la carga, el recipiente fregado 11 se desplaza hasta la sección de consolidación alineándolo verticalmente con el macho 13 y la cavidad de molde 14.

- El recipiente de transferencia se puede calentar en potencia para las operaciones de transferencia a temperaturas
30. que pueden estar comprendidas entre la temperatura del am-



biente y aproximadamente la temperatura de la pieza pre-  
tensada. Al elegir el material para el recipiente de trans-  
ferencia, algunos factores que se han de tener en considerac-  
ción son: capacidad térmica, conductividad térmica, resisten-  
cia y estabilidad a la temperatura máxima de uso; dureza y  
resistencia a la erosión; y resistencia al choque físico y  
térmico.

5.

Quando se trata de piezas y lingotes de gran tama-  
ño, el recipiente de transferencia se puede dejar sin calen-  
tar o se puede calentar a una temperatura elevada que puede  
llegar a alcanzar la temperatura de la pieza. Las tempe-  
raturas bajas en el recipiente de transferencia puede hacer  
su manejo más comodo, permitir una gama más amplia en la elec-  
ción de los materiales para los recipientes, y hacer que la  
vida útil del recipiente sea más larga. No obstante, con un  
recipiente de transferencia sin calentar o calentado a baja  
temperatura, el grano refractario y/o la pieza caliente deben  
tener una capacidad térmica suficiente para proporcionar tem-  
peraturas satisfactorias en el grano y en el producto para la  
consolidación, y puede ser más conveniente emplear velocida-  
des de transferencia rápida. Los aceros inoxidable pueden  
ser convenientes para emplear temperaturas que alcancen has-  
ta 537°C. Los inconeles y aleaciones similares resistentes a  
la oxidación puede ser apropiados trabajando a temperaturas  
que alcancen hasta 1204°C. Se pueden emplear materiales de  
temperaturas de fusión más elevadas como son el molibdeno y  
grafito pirolítico, para trabajar a temperaturas más eleva-  
das en el recipiente.

10.

15.

20.

25.

30.

Con piezas de menor tamaño y para alcanzar la velo-  
cidad de producción más eficaz, puede ser normalmente conve-



niente mantener el recipiente de transferencia a una temperatura elevada con el fin de reducir al mínimo la pérdida de calor de la pieza. El menor tamaño de recipiente en estas circunstancias posibilita el empleo de material que no se encuentran siempre disponibles en grandes formas, incluyendo tungsteno, diversas cerámicas y compuestos refractarios.

5.

En la etapa de consolidación, después que el recipiente 11 se ha colocado sobre la cavidad del molde 14, el descenso del macho 13 desplaza el grano apelmazado G y la pieza 12 haciéndolos descender del recipiente a la cavidad 14, durante cuyo desplazamiento el macho 23 se desplaza también descendiendo contra la retropresión nominal empleada para llevar el macho 23 a la posición ilustrada y sostener el peso de la carga que se ha de consolidar. A pesar de que no se ilustra, se pueden emplear diversas formas y compuestos como revestimientos internos de la cavidad del molde. Una vez finalizada la consolidación de la pieza, la elevación del macho desplaza la carga de grano y la pieza 12 en sentido ascendente salvando la cavidad del molde. El régimen general de aplicación de presión por el macho 13 al cuerpo empotrado 12, después de su desplazamiento a la cavidad del molde 14, puede ser del orden de 12,7 a 1016 mm. por segundo. Con productos de gran volumen de materiales tales como las aleaciones de hierro níquel y cobalto, se han efectuado consolidaciones con existo con velocidades o regímenes de aplicación de presión (v.g. recorrido del macho) del orden de 50,8 a 152,4 mm. por segundo.

10.

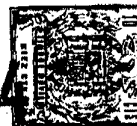
15.

20.

25.

30.

La finalidad principal de emplear un régimen rápido de aplicación de presión es alcanzar una presión plena de consolidación y una total compactación del producto mientras el



5. grano refractario del producto se encuentra a una temperatura convenientemente elevada. No obstante, el regimen de aplicación de presión deberá ser también lo suficientemente lento para que los gases existentes en estado libre en el producto y el grano refractario sean expulsados satisfactoriamente a medida que se compactan el producto y el grano.

10. Se han consolidado aleaciones de acero inoxidable hasta alcanzar una densidad total en grano de alúmina a presiones del orden de aproximadamente 35 a 49 Kg/mm<sup>2</sup>. Con temperaturas de fusión inferiores, aleaciones de metales de menor solidez, como el aluminio y el cobre, y con un grano refractario de temperatura inferior de fusión, se cree que se puede conseguir una consolidación satisfactoria con presiones que alcancen tan solo 14 Kg./mm<sup>2</sup>.

15. A continuación se expone procedimientos y materiales ilustrativos empleados siguiendo los principios del invento:

Ejemplo 1

20. Se puede preparar un lingote de acero para herramientas M-2 de 18,4 Kg. empleando el metodo de consolidación de grano suelto y utilizando una prensa de 635 toneladas y una mezcla de polvo contiene:

25.	Hierro	79.0%	como polvo de 20 micras
	Cromo	4,0%	como polvo de 10 micras
	Vanadio	2,0%	como polvo de 10 micras
	Tungsteno	6,5%	como polvo de 3 micras
	Molibdeno	5,0%	como polvo de 3 micras
	Carbon	1,5%	como negro de humo de -325 malla

30. En esta aleación se añade carbón en exceso a la cantidad normal para ayudar a reducir oxidos en los polvos y



para aumentar la capacidad de dureza de la aleación final.

Los polvos citados se mezclan y muelen juntos en atmósferas de argón para obtener una mezcla uniforme e íntima exenta de contaminación externa. Después de la molturación,

5. la mezcla de polvo se prensa a la temperatura del ambiente dándola una forma cilíndrica de 108 mm. de diámetro por 355,6 mm. de longitud en un molde, empleando una presión de 28 Kg/mm<sup>2</sup>. En este caso se utiliza un tubo de acero con un espesor de pared de 1,52 mm. en el interior del molde para
10. mantener el polvo en una forma íntegra después de la operación de prensado. A una presión de 28 Kg/mm<sup>2</sup>. el polvo se prensa a una densidad equivalente al 75% de la densidad teórica.

15. Se emplea calentamiento por inducción en una atmósfera gaseosa de argón para poner el lingote prensado en su recipiente de acero a una temperatura de 1871°C. El lingote sostenido sobre una base de alumina fundida de 38 mm. de espesor por 127 mm. de diámetro, a una temperatura de 1260°C. durante una hora para obtener el nivel deseado de solución
20. sólida entre los elementos de la aleación antes de su consolidación y para permitir la reducción de óxido residuales efectuada por el carbono. Cuando se completa el ciclo de precalentamiento, el lingote se eleva inmediatamente introduciéndolo en un recipiente cilíndrico de transferencia de
25. 127 mm. de diámetro inferior fabricado de inconel y mantenido a una temperatura de aproximadamente 1093°C. Se vierte rápidamente grano de alumina de 100 mallas precalentado a una temperatura de aproximadamente 1093°C. en la corona circular comprendida entre el recipiente y el lingote. En menos
30. de 10 segundos la alumina caliente se apelmaza hasta alcanzar



una altura total de aproximadamente 431,8 mm. en el recipiente con una densidad de apelmazamiento de un 50% aproximadamente de la densidad teórica.

5. En este punto, el molde de consolidación, que tiene un revestimiento interior dividido de acero de 3,55 mm de espesor, no recuperables, con soporte de revestimiento de papel lubricado con grafito, se sitúa en el exterior de la prensa para recibir la carga caliente. El recipiente de transferencia se lleva hasta el molde de consolidación y el
10. lingote y grano de alúmina se hacen descender rápidamente introduciéndolos en el molde revestido. Entonces se desplaza el molde directamente en la prensa por debajo del macho donde una presión de 634 toneladas consolidan el lingote en un cilindro de 108 mm. de diámetro por 260 mm. de longitud a una densidad total, y el grano de alumina a una densidad del 80 al 90% de la densidad teórica. La presión se mantiene por un periodo de 15 segundos para obtener una compactación máxima y una elevada resistencia a la adherencia por difusión.
- 15.
20. Entonces se suelta la presión, se saca el molde la prensa y el lingote y materia cerámica compactados se expulsa con el revestimiento del molde. Golpeando el revestimiento se desmenuza la alumina y deja libre el lingote del revestimiento para que se pueda elaborar por tratamiento térmico y otras operaciones de elaboración hasta alcanzar el producto final con las propiedades deseadas.
- 25.

#### Ejemplo 2

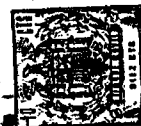
30. Se puede fabricar un tapón hembra roscado de 63,5 mm. (u otro accesorio similar para tubos) de aleación de titanio por el método de consolidación de grano suelto, em-



pleando una prensa de 634 toneladas y un polvo previamente aleado. Una aleación normal puede ser Ti-6Al-4V, que proporciona una gran solidez, gran resistencia a la corrosión y bajo peso para utilización en aviones.

5. La aleación citada se obtiene como un polvo de gran dureza con un tamaño de partícula de -100 mallas y se prensa directamente a una presión de 28 Kg/mm<sup>3</sup>., dándole una forma preliminar de tapón hembra roscado con una densidad de aproximadamente 65 % de la densidad teórica.
10. Para obtener prensado controlado de repetición de la configuración de diámetro interior y diámetro exterior del tapón hembra roscado, el polvo se compacta a una densidad normal aproximadamente el 45 % de la densidad teórica en un molde de uretano que se cierra después herméticamente
15. y se prensa de una forma isostática. Para alcanzar una máxima progresión contra la oxidación, el polvo se puede cargar y compactar en el molde en atmósfera de argón o nitrógeno. Cuando se prensa, la sección transversal del tapón es aproximadamente igual a la de la pieza acabada,
20. pero la longitud es de aproximadamente una vez y 2/3 la longitud deseada final.

- La pieza prensada se calienta por inducción en atmósfera de argón puro a una temperatura de 982°C. (inferior a la temperatura de transformación alfa). Cuando
25. ha alcanzado una temperatura uniforme, se transfiere rápidamente con pinzas mantenidas a 982°C. a un recipiente cilíndrico de transferencia de 127 mm. de diámetro interior de inconel mantenido a 982°C. Inmediatamente antes de este traslado, el fondo del recipiente de referencia se carga
30. con una capa de 25,4 mm, de grano de alúmina de 325 mallas precalentado a 982°C. y compactado a una densidad firme



- equivalente al 50 % aproximadamente de la densidad teórica. La pieza prensada se deposita con su extremo abierto hacia arriba sobre este lecho de alúmina y se vierte rápidamente grano de alúmina precalentado a 982°C. adicional
5. sobre la pieza y se compacta firmemente hasta una altura de 25,4 mm. por encima de la parte superior de la pieza.
- En este punto, el molde de consolidación, que contiene un revestimiento de 2 piezas de acero de 0,50 mm. de espesor, no recuperable, con revestimiento de papel
10. grafitado, se coloca en la prensa para recibir la carga caliente. El recipiente de transferencia se coloca sobre el molde de consolidación y se hace descender el macho de la prensa inmediatamente a través del recipiente para transferir el cuerpo de materia cerámica y la pieza contenida en el mismo a la cavidad revestida del molde y
15. para aplicar una presión de 634 toneladas en el molde. Con esta presión el tapón hembra roscado se consolida hasta alcanzar una densidad teórica. La presión se mantiene por espacio de 15 segundos.
20. Después de suelta la presión, se desplaza el molde de la prensa y el conjunto compactado se expulsa con el revestimiento del molde. Al golpear el revestimiento se desmenuza la alúmina alrededor del diámetro exterior del tapón hembra roscado y los desprende del revestimiento
25. no recuperable. El resto del grano de alúmina se elimina por medio de chorro de arena del diámetro interior y del diámetro exterior del tapón hembra y lo deja dispuesto para ulterior tratamiento térmico, y maquinado a medida final.
- 30.

380294



NOTA

- Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizarse en la práctica debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente
5. indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental. También se hace constar que el invento corresponde a una solicitud de patente presentada en Norteamérica con el número y fecha siguiente: Ser. No. 829.685 de 2 de junio de 1969,
10. acogiéndose por lo tanto a los beneficios que conceden los Convenios Internacionales en vigor, siendo lo que constituye la esencia del referido invento y por lo que se solicita una Patente de Invención por 20 años en España, sobre: PROCEDIMIENTO PARA CONSOLIDAR CUERPOS METÁLICOS O CERÁMICOS; caracterizándose por lo siguiente:
15. 1.- Procedimiento para consolidar cuerpos metálicos o cerámicos, caracterizado porque se calienta dicho cuerpo en forma de baja densidad a una temperatura suficientemente elevada para su consolidación por compactación a presión elevada, transfiriendo dicho cuerpo caliente a un recipiente; porque se embebe el cuerpo contenido en material refractario granular, y porque se compacta dicho material refractario y cuerpo embebido, a una
20. presión elevada, consolidando de este modo el cuerpo a una densidad superior propia de producto comercial.
25. 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque dicho material refractario se introduce en el recipiente después de haberse calentado previamente.
30. 3.- Procedimiento según la reivindicación 2,



caracterizado porque dicho material refractario se calienta previamente a una temperatura suficientemente elevada para vaporizar la humedad contaminante.

5. 4.- Procedimiento según las reivindicaciones 2 ó 3, caracterizado porque dicho material se precalienta prácticamente a la temperatura a la que se consolida dicho cuerpo.

10. 5.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dicho recipiente se calienta a una temperatura elevada.

6.- Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado porque dicho material refractario y recipiente se calientan ambos prácticamente a la temperatura a la que se consolida dicho cuerpo.

15. 7.- Procedimiento según las reivindicaciones 5 y 6, caracterizado porque el recipiente se calienta y se lleva a una sección de carga que recibe dicho cuerpo y material granular.

20. 8.- Procedimiento según la reivindicación 7, caracterizado porque el recipiente comprende una capa separable un fondo y paredes laterales que se someten todo a calentamiento.

25. 9.- Procedimiento según las reivindicaciones 7 ó 8, caracterizado porque una capa de dicho material granular se introduce preliminarmente en el fondo del recipiente.

30. 10.- Procedimiento según las reivindicaciones 7, 8 ó 9, caracterizado porque el recipiente se llena alrededor de dicho cuerpo con material granular precalentado.

11.- Procedimiento según las reivindicaciones 7,



8, 9 ó 10, caracterizado porque dicho cuerpo y material granular se desplazan desde el recipiente a una cavidad de molde donde se someten a la citada compactación.

12.- Procedimiento según la reivindicación 11, caracterizado porque la tapa del recipiente caliente se suprime en la sección de carga para hacer pasar dicho cuerpo y material refractario al recipiente, porque el recipiente se desplaza colocando sobre el molde y porque entonces el contenido del recipiente se desplaza por medio de un macho de movimientos alternativo vertical introduciéndolo en la cavidad del molde subyacente al recipiente.

13.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dicho cuerpo recibe su forma inicial por compactación de polvo metálico.

14.- Procedimiento para consolidar cuerpos metálicos o cerámicos, tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria e ilustrado en los dibujos adjuntos.

Esta Memoria consta de 28 hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 28 SET. 1972

WHEELING-PITTSBURGH STEEL  
CORPORATION.

J. GOMEZ ACEBO Y MODET

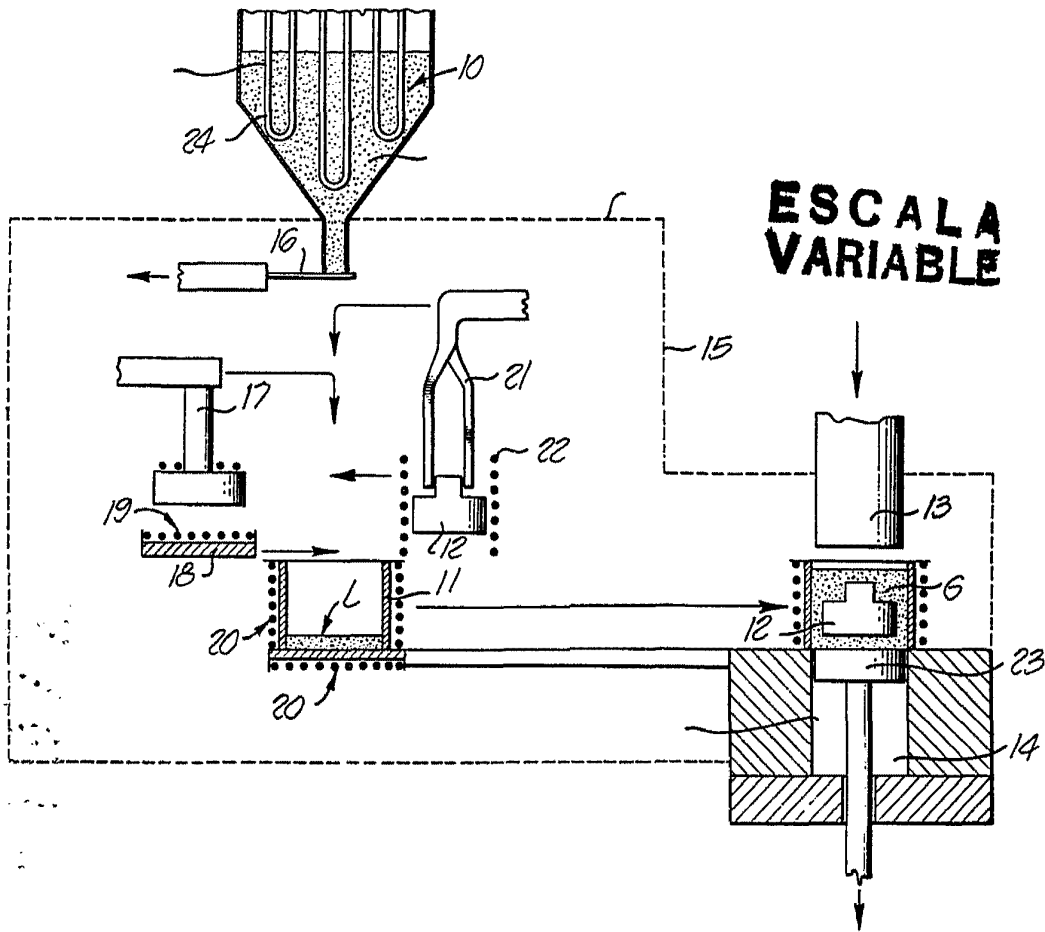
p. p. Firmado: J. Suarez Díaz

*Jesús Suárez*

380294



1972



ESCALA VARIABLE

28 SET. 1972

Madrid

J. GOMEZ ACEBO Y MODET

p p Firmados J. Suarez Diaz

*Jesús Suárez*