

P. - 41.172

366038

RM 1868 SPA
SECCION TECNICA
CLASE INTERNACIONAL
C-22-
18

C-22-C

18 SEP. 1969

Memoria descriptiva



para solicitar PATENTE DE INVENCION EN ESPAÑA por 20 años

a nombre de HÖGANÄS AKTIEBOLAG

entidad / de nacionalidad sueca

con domicilio en Höganäs, Suecia

por: "UN METODO DE FABRICAR, POR ATOMIZACION DE ACERO FUNDIDO Y SUBSIGUIENTE TRATAMIENTO EN UNA ATMOSFERA PROTECTORA UN POLVO DE HIERRO ALEADO"

(Clase Internacional G22c)

4.9.69.



El presente invento concierne al campo de los polvos aleados utilizables para la fabricación de aceros fritados.

Más particularmente, tiene como objeto un polvo aleado de un tipo nuevo, así como un procedimiento de preparación de este.

Las técnicas de fabricación de constituyentes estructurales por compresión y fritados de polvo de hierro se han hecho cada vez más importantes durante las últimas décadas, por razón de las ventajas obtenidas con este método. Entre otras cosas, estas técnicas hacen posible la fabricación de elementos complicados que correspondan a estrechas tolerancias dimensionales, realizando algunas operaciones simples y ventajosas en el plano económico con relación a las operaciones clásicas de mecanización. Normalmente, se obtienen resistencias a la tracción de 15 a 25 kg por cm² con un polvo de hierro fritado puro. En el estado actual de la técnica, pueden obtenerse resistencias a la tracción más elevadas mezclando cobre, níquel y/o grafito con el polvo de hierro antes de su compresión. Se conocen igualmente otros elementos de aleación. En el curso del fritado de los constituyentes utilizados de esta manera, se produce, en un cierto grado, una homogeneización de la composición de la aleación por difusión de los elementos de aleación.

Con el fin de aumentar aun más la resistencia a la tracción y la dureza, los materiales fritados que contienen carbono pueden ser tratados térmicamente de la misma manera que los aceros clásicos. De la misma manera que en el caso de la fabricación de aceros clásicos, el resul

30
6.5.69.



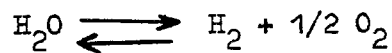
tado obtenido por tratamiento térmico de los aceros fritados depende de la dimensión de los constituyentes, dado que la estructura martensítica necesaria para el endurecimiento se obtiene solamente cuando las velocidades de enfriamiento pasan de un cierto límite. El aumento de dimensiones de las partículas proporciona velocidades de enfriamiento más pequeñas. El límite que corresponde a la velocidad de enfriamiento crítica puede ser reducido por adición de ciertos elementos de aleación, de manera que partículas mayores de los constituyentes pueden ser entonces utilizadas y endurecidas convenientemente por temple. La aptitud de un acero para ser templado es definida como la mayor profundidad a la cual una muestra que tiene una forma definida puede dar una cierta dureza bajo ciertas condiciones. Es bien conocido en metalurgia añadir elementos de aleación antes de la compresión, añadiendo polvos formados por los métodos de aleación (elementos de adición), con vistas a aumentar la aptitud para templado. Un serio inconveniente a este respecto consiste en la dificultad de obtener una distribución suficientemente homogénea de los elementos de aleación, en el material acabado, cuando se emplean temperaturas de fritado y durezas de fritado que son convenientes desde el punto de vista económico.

A este respecto, se ha descrito una mejora en la solicitud de patente sueca número 12.123/66 a nombre de la firma solicitante, que concierne a un nuevo procedimiento para la fabricación de polvos parcialmente pre-aleados. Conforme a este procedimiento, los elementos de aleación son añadidos al polvo de hierro bajo una forma fina-

30
6.5.69.

mente pulverizada, si es posible oxidada. La mezcla es sometida entonces a un recocido en una atmósfera reductora. Se produce entonces un cierto fritado de las partículas de la aleación sobre las partículas de hierro. De esta manera, se obtiene una distribución estable, finamente dispersada, de los elementos de aleación en el polvo. Esta distribución es mantenida en el curso de la etapa de compresión, de manera que el material fritado final se hace mucho menos heterogéneo que si se hubiera utilizado una simple mezcla de polvos que tienen la misma composición. Se mantiene con este procedimiento la elevada aptitud para la compresión del polvo de hierro, ya que solamente una pequeña parte de los elementos de aleación se difunde en las partículas de hierro antes del fritado.

Atmósferas de fritado tales como amoníaco disociado, gases formados por un procedimiento endotérmico, etc., que se utilizan generalmente en los hornos industriales, contienen siempre vapor de agua así como hidrógeno gaseoso y otros constituyentes reductores o inertes. El vapor de agua es disociado parcialmente según la reacción:



es decir

$$\Delta G^{\circ} = RT \ln \frac{P_{\text{H}_2} \cdot \sqrt{P_{\text{O}_2}}}{P_{\text{H}_2\text{O}}}$$

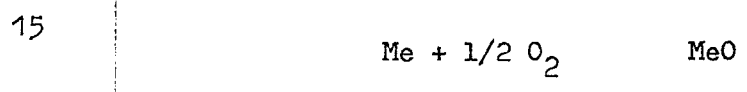
es decir, que el potencial de oxígeno está determinado por la ecuación

6.5.69.



$$1/2 RT \ln P_{O_2} = RT \ln (P_{H_2} / P_{H_2O}) - \Delta G^\circ.$$

Habitualmente, el contenido de vapor de agua es tal que el valor del punto de rocío de la atmósfera es tá comprendido entre -10 y +5°C. En el caso del amoníaco disociado, esto significa que el potencial de oxígeno es tá comprendido entre -50,3 y -56,4 kilocalorías por átomo-gramo de oxígeno a 1120°C, la cual es la temperatura de fritado más usual. Este potencial de oxígeno es tan elevado que ciertos elementos teóricamente utilizables como ele mentos de aleación se oxidan durante el fritado, de manera que entonces se pierde el efecto benéfico que podrían aportar. En principio, las condiciones de equilibrio para la oxidación resultan de la ecuación:



es decir:

$$\Delta G^\circ_2 = - RT \ln \frac{a_{MeO}}{a_{Me} \sqrt{P_{O_2}}}$$

20 y

$$1/2 RT \ln P_{O_2} = \Delta G^\circ_2 + RT \ln \frac{a_{MeO}}{a_{Me}}$$

Resulta de lo que antecede que es evidente que el potencial de oxígeno crítico, al que el metal Me comienza a oxidarse, es aumentado si este metal es disuelto en otro metal, de tal manera que su actividad se haga inferior a 1.

En las mezclas puras de polvos de hierro y de polvos metálicos aleados o de polvos aplicados según el

30
6.5.69.



procedimiento descrito en la solicitud de patente antes citada, las partículas metálicas de aleación son en su mayor parte puras, de manera que la disolución del metal de aleación en el hierro no se produce antes del fritado. Esto significa que los elementos de aleación que son sensibles a la oxidación corren el riesgo de ser oxidados antes del comienzo de la disolución. En los polvos aleados homogéneos, es decir los polvos cuyas partículas están caracterizadas por una distribución completamente homogénea de todos los elementos de aleación, este inconveniente se evita si los elementos de aleación se encuentran, ya antes del fritado, con su pequeña actividad final. Los potenciales de oxígeno a 1120°C de ciertos elementos de aleación puros están dados en la Tabla I siguiente. Esta tabla muestra que los elementos de aleación tales como Cu, Mo y Ni, son menos sensibles a la oxidación que el hierro y que, por consiguiente, pueden ser utilizados ventajosamente a la vez en polvos parcialmente pre-aleados y en polvos homogéneos. P, Cr, Mn, Ta, Nb, V, B, Ti y Al son considerablemente más sensibles a la oxidación, y es ventajoso que estos elementos sean distribuidos de una manera homogénea en las partículas de polvo antes del fritado.

Es evidente, según lo que antecede, que una de las ventajas de los polvos pre-aleados homogéneos, con relación a los polvos parcialmente pre-aleados o a las mezclas de polvos, consiste en la posibilidad de utilizar un mayor número de elementos de aleación sensibles a la oxidación. Otra ventaja consiste en que se obtiene una micro-estructura enteramente homogénea en las piezas fritadas. No obstante, un inconveniente importante reside en

30
6.5.69.

14 MAY.

14 MAY.



el hecho de que la mayor parte de los elementos de aleación, en solución sólida, aumentan la dureza del hierro, de manera que se encuentra claramente reducida la compresibilidad del polvo.

5 La meta del presente invento consiste, en poder disponer, por la adición de elementos de aleación apropiados, de nuevos polvos aleados homogéneos atomizados, los cuales, por una parte, presentan la más alta compresibilidad posible y los cuales, por otra parte, por
10 adición de carbono, y por aplicación de los procedimientos de la metalurgia de los polvos o pulvimetalurgia, proporcionan aceros aleados fritados con bajo contenido de carbono y que tienen la aptitud para ser templados lo más elevada que es posible.

15 Es conveniente a este respecto comparar la influencia de los diferentes elementos de aleación, por una parte sobre la aptitud para templado y, por otra parte, sobre la dureza del hierro exento de carbono, o mejor sobre su resistencia a la tracción. La influencia de los
20 elementos de aleación sobre la aptitud para templeado es determinada habitualmente por medio del factor de multiplicación (F), es decir del coeficiente por el cual hay que multiplicar la aptitud para templado de un acero de
25 hierro carbono no aleado para obtener la aptitud para templado de un acero que tiene el mismo contenido de carbono, pero con una concentración determinada del elemento de aleación considerado. Para pequeños contenidos de elemento de aleación, F es generalmente una función lineal de la concentración c de elemento de aleación. En la
30 Tabla I siguiente, la derivada del factor de multiplicación

30
6.5.69.



con relación a la concentración $f = \frac{dF}{dc}$ está dada para diferentes elementos de aleación en los intervalos de concentración interesantes. Además, esta tabla da la derivada con relación a la concentración $g = \frac{dG}{dc}$ de la resistencia a la tracción G del hierro exento de carbono en presencia de un elemento de aleación en solución sólida en el hierro. Como la compresibilidad del polvo disminuye cuando aumenta la resistencia a la tracción de las partículas, g caracteriza la disminución de la compresibilidad debida a la concentración de elemento de aleación. La proporción f/g mide de esta manera, para un cierto porcentaje de aleación, el aumento de aptitud para templado que se obtiene para una cierta disminución de la compresibilidad.

6.5.69.

TABLA I

| Elemento de aleación | Intervalo de concentración en % ponderal | f | $\frac{g^2}{kg/mm^2}$ | f/g mm/kg | F m _x . | 1/2 RTln P _{O2} a 1120°C y actividad l, en Kcal/ átomo-gramo de oxígeno |
|----------------------|--|----------------------------------|-----------------------|-----------|--------------------|--|
| B | 0-0,001 > 0,001 | 761 ³⁾ 0 | [105 ^x] | ~ 7 0 | 1,76 | -74 |
| Al | 0-1 | 1,93 ³⁾ | 9,2 | 0,21 | | -99 |
| Si | 0-2 | 1,67 ³⁾ | 19,7 | 0,08 | | -75 |
| P | 0-0,12 | 3,50 ⁵⁾ | 74 | 0,05 | | -61 |
| Ti | 0-0,11 0,11-0,25 | 6,50 ³⁾ -6,30 | 15,5 | 0,41 | 1,61 | -93 |
| V | 0-0,25 0,25-0,8 | 2,70 ³⁾ -1,73 | 5,6 | 0,48 | 1,44 | -71 |
| Cr | 0-4 4-13 | 3,25 ⁵⁾ > 1 < 3,25 | 3,0 | 1,08 | | -62 |
| Mn | 0-4 | 4,35 ⁵⁾ | 9,2 | 0,47 | | -68 |
| Ni | 0-3 | 1,75 ⁵⁾ | 7,4 | 0,25 | | -29 |
| Cu | 0-1 | 1,75 ⁵⁾ | 25 | 0,07 | | -16 |
| Nb | 0-0,8 | 0,88 ⁴⁾ | | | | -70 |
| Mo | 0,1 | 4,50 ⁵⁾ | 7,4 | 0,61 | | -38 |
| Ta | | | | | | -69 |
| Fe | | | | | | -41 |





14

x) No se encuentra información en la bibliografía sobre la influencia del boro sobre la resistencia a la tracción de la ferrita. El valor dado en la tabla co rresponde al berilio, que es el metal que posee la influencia más intensa entre todos los elementos de aleación de sustitución y que, como el boro, posee un radio atómico muy corto. Como consecuencia, hay razones para creer que la influencia del boro sobre la resistencia a la trac ción del hierro es del mismo orden que la del berilio.

5
10 Se pueden citar a este respecto las siguientes referencias en la bibliografía:

- 1) Sandvikens Handbok, Tome 7, vol. II, p. 54;
- 2) Comstock, G.F., Titane dans le fer et l'acier, 1955, p. 116;
- 15 3) Grande, R.A., Bore, calcium, colombium et zirconium dans le fer et l'acier, 1957, p. 20;
- 4) Ibid, p. 155;
- 5) Metals Handbook, 1948, p. 498;
- 6) Glassner, A., Les propriétés thermochimiques des oxydes, fluorures et chlorures jusqu'à 2500°K, Imprimerie
20 du Gouvernement américain: 1959 O-490339.

El valor más elevado de la proporción f/g se obtiene en el caso del boro por razón de su excepcional influencia sobre la aptitud para templado, incluso para una muy pequeña concentración. El factor de multiplicación del boro, no obstante, alcanza un valor máximo de 1,76 con una concentración de 0,001% y permanece después constante. No obstante, en la práctica, se ha encontrado que un contenido de boro que llega hasta 0,005% no está
25
30 acompañado por ninguna disminución intempestiva de la com

6.5.69.

14 MA



presibilidad. Añadiendo además uno o varios elementos de aleación, el valor total del factor de multiplicación para el acero frito, y como consecuencia la aptitud para templado, pueden ser aumentados todavía más.

5

Después del boro, el elemento más favorable es el cromo, para el cual f/g es igual a 1,08. Contrariamente a lo que ocurre en el caso del boro, el factor de multiplicación del cromo aumenta casi linealmente hasta un valor de aproximadamente 5%, y a continuación de modo

10

progresivo, pero algo más lentamente, hasta aproximadamente 13%. Para contenidos de cromo más elevados, el campo austenítico se hace tan limitado que el material sería difícil de templar por esta razón (referencia número 7: E:

15

Houdremont, obra que concierne a la técnica de los aceros especiales, 1.956, página 629). Se ve igualmente, por examen de la tabla I, que Mo y Mn son aditivos valiosos en lo que concierne al aumento de la aptitud para templado (siendo f/g respectivamente igual a 0,61 y a 0,47). Los dos elementos citados proporcionan un aumento casi lineal del factor de multiplicación hasta contenidos del orden de 3 a 5%.

20

25

Los valores de la proporción f/g para el vanadio y para el titanio son relativamente altos (0,48 y 0,41 respectivamente), pero el factor de multiplicación es como máximo igual a 1,44 y 1,61, respectivamente. Estos dos valores se obtienen para las proporciones respectivas de 0,25 y 0,11% en peso. Por consiguiente, desde el punto de vista del endurecimiento por templado, estos dos elementos deben ser considerados como menos interesantes que los mencionados en el párrafo precedente.

30

6.5.69.



Se encuentra que tales elementos, para los cuales la proporción f/g pasa de 0,40, son particularmente apropiados como elementos de aleación en los polvos de hierro aleados homogéneos, con vistas a la fabricación de aceros fritados con alta resistencia. Elementos tales como silicio, fósforo y cobre (f/g igual a, respectivamente 0,08 - 0,05 y 0,07) son enteramente inapropiados. Por consiguiente, la concentración de estos elementos debe ser mantenida lo más pequeña que sea posible. El aluminio y el níquel ocupan una posición intermedia (f/g igual a, respectivamente, 0,21 y 0,25).

Se sabe que la resistencia de los metales disminuye considerablemente cuando aumentan las dimensiones de las partículas o granos. En el curso del fritado, el material es sometido a condiciones tales que el aumento de tamaño de los granos es favorecido. La adición de pequeñas cantidades de uno de los elementos de aleación Nb, Ti o V se ha revelado como eficaz para limitar el crecimiento de los granos en los aceros compactos (referencia número 8: L. Mayer, C. Strassburger y D. Schauwinhold, archives de la métallurgie du fer 35 (1964), páginas 541 - 549). Con el fin de investigar si se podría obtener el mismo efecto con aceros fritados, se han efectuado ensayos con polvos aleados homogéneos, por una parte sin la adición de agentes auxiliares que inhiben el aumento de tamaño del grano, y por otra parte en presencia de tales agentes auxiliares. Los polvos son comprimidos con 0,6% de grafito y 0,5% de estearato de zinc, para dar muestras cilíndricas de ensayo que son fritadas a 1120°C durante una hora, en una atmósfera reductora con un potencial de

30
6.5.59.

14 MAY



carbono que corresponde al contenido de carbono de la mezcla. Las muestras de ensayo son enfriadas lentamente a continuación hasta la temperatura ambiente. Un estudio metalográfico de las muestras de ensayo ha mostrado que las dimensiones de las partículas habían disminuido cuando se había añadido Nb, Ta y V. Los resultados están dados en la Tabla II siguiente.

TABLA II

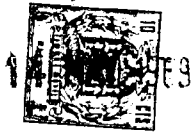
Dimensiones de las partículas según la escala J.K.M.^(*)

| | <u>Ensayo nº 1</u> | <u>Ensayo nº 2</u> | <u>Ensayo nº 3</u> | <u>Ensayo nº 4</u> |
|-------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| B % | 0,0013 | 0,0010 | 0,0012 | 0,0009 |
| Cr | 0,52 | 0,50 | 0,49 | 0,51 |
| Mo | 0,48 | 0,47 | 0,52 | 0,47 |
| Nb | | 0,031 | | |
| Ta | | 0,003 | | |
| Ti | | | 0,09 | |
| V | | | | 0,22 |
| Dimensiones de las partículas | 11 | 8 | 10 | 9 |

(*) Según la obra de Sandvikens, Tomo 7, volumen 1, página 109 (referencia número 9).

Las concentraciones de Ti y V han sido escogidas de manera que corresponden a la máxima aptitud para templado. Es posible que, para contenidos más elevados, pudiera obtenerse una reducción más importante de las dimensiones de los granos, pero entonces disminuiría el factor de multiplicación. En la fabricación del polvo, se añade Nb bajo la forma de una aleación hierro-niobio-tántalo, siendo la proporción Nb/Ta igual a aproximadamente 10:1.

30
6.5.69.



El contenido de Nb es limitado a 0,03% en peso, ya que, en la experimentación de aceros en masa (véase referencia número 8) se ha revelado que la adición de niobio más allá de este porcentaje no entrañaba ninguna mejora.

5 Los resultados de la Tabla II muestran que Nb-Ta proporciona la mayor reducción de las dimensiones de los granos, viniendo a continuación V y, finalmente Ti.

10 Cuando se fabrican polvos de acero aleados homogéneos por atomización de aceros fundidos, se desea disminuir el contenido de carbono de la masa fundida, igual que su contenido de oxígeno, hasta pequeños valores. Para contenidos de carbono demasiado elevados, una parte de los elementos de aleación está combinada con el carbono bajo
15 la forma de carburos, después de solidificación, y por consiguiente se encuentra reducida la compresibilidad del polvo de acero. Un pequeño contenido de carbono de la masa fundida entraña un alto contenido de oxígeno. Esto significa entonces que existe un riesgo de oxidación de ciertos
20 elementos de aleación, sensibles desde este punto de vista. Por esta razón, es necesario desoxidar la masa, en fusión antes de añadir los elementos de aleación. Por razón de su gran afinidad frente al oxígeno y del valor relativamente alto de la proporción f/g, el aluminio es especialmente
25 conveniente para esta desoxidación. En general, una adición de aproximadamente 0,05% de aluminio es suficiente para desoxidar el acero de una manera apropiada. Se pueden efectuar igualmente adiciones de calcio o de zirconio para obtener esta desoxidación.

30 Además de los elementos de aleación antes men-
6.5.69.



cionados, existen en los aceros, de una manera habitual, numerosos elementos en pequeñas concentraciones. En consecuencia, estos elementos se encuentran igualmente en los polvos de acero obtenidos por atomización de acero fundido. Así, no se pueden evitar pequeñas proporciones de Si, S y P.

El invento será descrito de manera más completa en los ejemplos siguientes, que están dados, a título no limitativo, con el fin de ilustrar dicho invento.

Ejemplo 1

Se preparan tres polvos, A, B y C, con diferentes composiciones, por atomización de aceros fundidos que tienen un pequeño contenido de carbono. Estos polvos han sido secados y recocidos a 950°C durante una hora en una atmósfera de amoníaco disociado. Las composiciones eran las siguientes:

A: 0,25% Mn; 0,01% C; impurezas en las concentraciones habituales.

B: 1,75% Ni; 1,50% Cu; 0,5% Mo; 0,01% C; impurezas en las concentraciones habituales.

C: 0,0013% B; 0,52% Cr; 0,48% Mo; 0,25% Mn; 0,01% C; 0,03% Al; impurezas en las concentraciones habituales.

Para cada uno de estos polvos, se han efectuado las determinaciones siguientes:

Se ha calculado el aumento total de la resistencia a la tracción $\sigma_{G_{tot}}$ debido a los elementos de aleación en solución sólida en el polvo exento de carbono, utilizando la fórmula:



$$\int G_{\text{tot}} = \int G_1 + \int G_2 + \dots \int G_n$$

en la cual los índices 1, 2, ... n designan los elementos de aleación.

5 Se ha calculado además el valor total del factor de multiplicación F_{tot} para el templado de un acero fritado que contiene carbono, fabricado a partir del polvo antes citado, utilizando la fórmula

$$10 \quad F_{\text{tot}} = F_1 \cdot F_2 \cdot \dots \cdot F_n$$

en la cual los índices 1, 2 ... n designan los diferentes elementos de aleación.

15 Se ha determinado la compresibilidad de los tres polvos efectuando ensayos según la norma ASTM Standard B 331-63 T, en ausencia de grafito o de lubricantes.

20 Se han tamizado los polvos a través de un tamiz que tiene mallas de 0,147 mm, y se ha mezclado la fracción que ha pasado a través del tamiz con 0,6% de grafito y 0,5% de estearato de zinc, con vistas a fabricar barras de ensayo fritadas. Se ha comprimido la mezcla a una presión de 6 toneladas/cm² para obtener barras de ensayo de resistencia a la tracción según la norma MPA Standard 10-50 y barras de ensayo de resistencia al impacto, en el martillo Charpy según la norma ASTM Standard E. 25 23-66 (muestra tipo A de ensayo al impacto en bastidor simple). Las barras de ensayo han sido fritadas a 1120°C durante una hora en una atmósfera gaseosa reductora y que tiene un potencial de carbono que corresponde al contenido de grafito incluido. El contenido de carbono después

30
6.5.69.



del frito era de $0,5 \pm 0,03\%$. Algunas de las barras de ensayo han sido tratadas térmicamente a continuación por caldeo a aproximadamente 50°C ; por encima de la temperatura de límite de fases para los campos γ y $\gamma + \alpha$. Estas barras han sido sometidas a continuación a un templeado con aceite, y después a un revenido a 250°C durante una hora.

Se ha medido la densidad de las barras de ensayo, y a continuación se las ha sometido a ensayos de resistencia a la tracción y de alargamiento en la rotura. Las barras para ensayo de resistencia al impacto han sido experimentadas en una máquina de ensayo al impacto, mientras que no poseían ninguna entalladura.

Se ha medido la aptitud para templeado de la siguiente manera: se han tomado una serie de elementos de ensayo cilíndricos geométricamente similares, pero con diferentes diámetros, y se han comprimido y frito a 1120°C hasta la obtención de una densidad de $7,0 \text{ g/cm}^3$ y un contenido final de carbono de $0,5\%$; a continuación, se ha sometido a estos elementos a una austenitización durante 30 minutos a una temperatura de 50°C por encima de la temperatura de límite de fases para los campos γ y $\gamma + \alpha$, a continuación de lo cual se han sometido a un templeado en aceite mantenido a una temperatura de 50°C . Se han dividido estos elementos cilíndricos por la mitad, y se ha determinado la dureza en la zona central de la superficie seccionada según el ensayo de dureza Vickers, con una carga de 10 kg. Se ha establecido la curva que da la dureza en función del diámetro de dichos elementos, y se ha adoptado el diámetro que corresponde a una dureza de 275 kg/

30
6.5.69.



mm² como medida de la aptitud para templado.

Los resultados obtenidos están dados en la
Tabla siguiente:

6.5.69.

6.5.69.

| | <u>A</u> | <u>B</u> | <u>C</u> |
|---|----------|----------|----------|
| $d_{G_{tot}}$, kg./mm ² | 3,5 | 53,5 | 9,6 |
| F _{tot} | 1,5 | 7,3 | 10,5 |
| Compresibilidad, g/cm ³ , a 4,2 Mg/cm ² | 6,72 | 5,98 | 6,65 |
| Densidad, g/cm ³ | 7,07 | 6,52 | 7,00 |
| Resistencia a la tracción, kg/mm ² | 49,7 | 40,3 | 53,2 |
| Alargamiento % | 2,5 | 1,1 | 3,4 |
| Energía de impacto, kg/cm ² | 2,0 | 1,3 | 2,4 |
| Propiedades después de tratamiento térmico: Densidad, g/cm ³ | 7,07 | 6,51 | 6,98 |
| Resistencia a la tracción, kg/mm ² | 81 | 75 | 98 |
| Alargamiento, % | 1,2 | 0,4 | 1,3 |
| Energía de impacto, kg/cm ² | 1,6 | 0,5 | 1,8 |
| Dureza, kg/mm ² | 270 | 215 | 346 |
| Aptitud para templado en mm para una densidad de 7,0 g/cm ³ | 6 | 28 | 46 |





Estos resultados muestran que el polvo A, con un contenido de Mn igual a 0,25% solamente, que corresponde al porcentaje que existe normalmente en los aceros al carbono no aleados, tenía, de una manera no inesperada, la más elevada compresibilidad, en este caso 6,72 g/cm³. Para el polvo B, para el cual los elementos de aleación correspondían a una intensa influencia sobre la resistencia a la tracción del hierro exento de carbono, el aumento total de resistencia a la tracción $\sigma_{G_{tot}}$ era igual a 53,5 kg/mm²; la compresibilidad de este polvo, igual a 5,98 g/cm³, era muy pequeña. En lo que concierne al polvo C, cuyos elementos de aleación habían sido escogidos de tal manera que cada uno de ellos da un valor de la proporción f/g superior a 0,40, $\sigma_{G_{tot}}$ era pequeño (9,6 kg/mm²) y, por consiguiente, la compresibilidad era elevada (6,65 g/cm³). La aptitud para templado del material fritado A, que contenía 0,5% de carbono, era pequeña y correspondía, bajo las condiciones de ensayo antes citadas, a un endurecimiento total de cilindros que tenían solamente 6 mm de diámetro. Los materiales fritos B y C, que tenían ambos un contenido de carbono de 0,5%, presentaban una aptitud para templado relativamente buena por razón de los elementos de aleación añadidos. El ensayo de aptitud para templado revelaba un endurecimiento completo de cilindros de 28 y 46 mm de diámetro, respectivamente. No obstante, como el material B poseía una pequeña compresibilidad, la densidad, en la compresión de las barras de ensayo a un valor de 6 toneladas/cm², era de tal manera más pequeña que la densidad del material C, que las propiedades físicas, en el estado simultáneamente frito y tratado térmicamente,

30
6.5.69.



camente, eran considerablemente más pequeñas que las del material mencionado en primer lugar.

Ejemplo 2

5 Se han fabricado, de la misma manera que en el Ejemplo 1, dos polvos D y E que tienen las composiciones siguientes:

D: 2,51% Cr; 0,43% Mn, < 0,01% C, impurezas en las concentraciones habituales.

10 E: 2,46% Cr, 0,45% Mn, 0,18% V, 0,03% Nb, 0,003% Ta, 0,01% C e impurezas en las concentraciones habituales.

Se han tamizado los polvos, se han mezclado con grafito y lubricantes, y se han comprimido para formar barras de ensayo de la misma manera que en el Ejemplo 1. Ciertas de estas barras de ensayo han sido fritadas a 1120°C y ciertas otras a 1250°C en cajas cerradas, durante una hora. Ciertas de dichas barras de ensayo, que habían sido fritadas a 1250°C, han sido tratadas térmicamente de la misma manera que en el Ejemplo 1. Las barras de ensayo han sido sometidas a la experimentación tal como se describe en el Ejemplo 1.

Finalmente, se ha medido la aptitud para templado de dichas barras de la misma manera que en el Ejemplo 1. Los resultados están dados en la tabla siguiente:



| | D | E |
|---|------|-------------|
| $\int G_{tot}, \text{ kg/mm}^2$ | 11,5 | 12,5 |
| F_{tot} | 15,6 | 20,4 |
| Compresibilidad en g/cm^3 a $4,2 \text{ t/cm}^2$ | 6,63 | 6,61 |
| 5 Propiedades después de fritado a 1120°C : | | |
| Densidad g/cm^3 | 7,01 | 6,99 |
| Resistencia a la tracción, kg/mm^2 | 25,2 | 24,6 |
| Alargamiento, % | 1,5 | 1,7 |
| Energía de impacto, kgm/cm^2 | 0,8 | 1,0 |
| 10 Propiedades después de fritado a 1250°C : | | |
| Densidad, g/cm^3 | 7,22 | 7,18 |
| Resistencia a la tracción, kg/mm^2 | 68,3 | 77,1 |
| Alargamiento, % | 3,1 | 3,0 |
| Energía de impacto, kgm/cm^2 | 2,8 | 2,6 |
| 15 Propiedades después de tratamiento térmico del material que ha sido fritado a 1250°C . | | |
| Densidad g/cm^3 | 7,19 | 7,15 |
| Resistencia a la tracción, kg/mm^2 | 123 | 138 |
| Alargamiento, % | 2,0 | 2,1 |
| 20 Energía de impacto, kgm/cm^2 | 1,7 | 1,9 |
| Dureza, kg/mm^2 | 456 | 472 |
| Aptitud para templado después de fritado a 1250°C con la densidad de $7,0 \text{ g/cm}^3$ (en mm) | 59 | $\gt 70^1)$ |

25

1) La aptitud para templado de este material no ha podido ser determinada, ya que la muestra de ensayo que tiene el máximo diámetro, es decir 70 mm, estaba totalmente endurecida a través de todo su espesor.

30

Los valores extremadamente bajos de la resis-

6.5.69.



14 MAR 1969

tencia a la tracción después de fritado a 1120°C son debidas a la presencia de una capa de óxido de cromo sobre las partículas, cuando el contenido de cromo alcanza este elevado valor. Esta capa impide el contacto recíproco entre las partículas de metal y retarda de esta manera el procedimiento de fritado. Se ha escogido consiguientemente una temperatura de fritado de 1250°C y se ha reducido el óxido de cromo, de tal manera que resulta de ello un fritado muy bueno, lo cual está mostrado por las propiedades físicas extraordinariamente buenas así obtenidas. La influencia inhibidora del crecimiento del grano debida al niobio y al tántalo está revelada por los valores elevados de la resistencia a la tracción del material E. Después de tratamiento térmico, la resistencia a la tracción y la dureza eran elevadas, por una parte por razón de la elevada densidad, y por otra parte por razón de una transformación martensítica completa y uniforme durante el endurecimiento. La aptitud para templado de estos dos materiales era muy elevada.

Ejemplo 3

Se han preparado dos polvos F y G de composiciones diferentes, de la misma manera que en el Ejemplo 1. Las composiciones de estos polvos eran las siguientes.

F: 0,005% B; 2,12% Mn; 0,01% C, impurezas en las concentraciones habituales.

G: 1,75% Mn, 0,31% Mo, 0,01% C, impurezas en las concentraciones habituales.

A partir de estos polvos, se han preparado barras de ensayo que tienen un contenido de carbono de 0,5%, de la misma manera que en el ejemplo 1. Además, se han

30
6.5.69.



preparado numerosas barras de ensayo por doble compresión y fritado. El polvo ha sido comprimido en primer lugar a una presión de 6 toneladas/cm² y a continuación ha sido sometido a un recocido de recristalización a 750°C durante 15 minutos. A continuación ha sido comprimido de nuevo, con 6 toneladas/cm², y finalmente ha sido fritado a 1120°C durante una hora, en una caja cerrada. Se han sometido a un tratamiento térmico, de la misma manera que en el Ejemplo 1, tanto las barras de ensayo sometidas a una única compresión como las sometidas a una doble compresión. Dichas barras de ensayo han sido sometidas a la experimentación de la misma manera que en el Ejemplo 1. Se ha determinado la aptitud para templado según el método descrito en el Ejemplo 1.

Los resultados eran los siguientes:

| | F | G |
|---|------|------|
| $\sigma_{G_{tot}}$ | 19,3 | 18,4 |
| F_{tot} | 14,1 | 14,3 |
| Compresibilidad en g/cm ³ a 4,2 t/cm ² | 6,54 | 6,57 |
| Propiedades después de compresión simple y fritado: Densidad, g/cm ³ | 6,92 | 6,94 |
| Resistencia a la tracción, kg/mm ² | 55,6 | 52,7 |
| Alargamiento, % | 5,7 | 6,2 |
| Energía de impacto, kgm/cm ² | 3,2 | 3,0 |
| Propiedades después de doble compresión y fritado: Densidad, g/cm ³ | 7,30 | 7,31 |
| Resistencia a la tracción, kg/mm ² | 81,9 | 79,3 |
| Alargamiento, % | 9,3 | 10,1 |
| Energía de impacto, kgm/cm ² | 6,7 | 7,1 |

6.5.69.

F 14 MAY G



| | | | |
|----|---|------|------|
| | Propiedades después de compresión simple, fritado y tratamiento térmico: | | |
| | Densidad, g/cm ³ | 6,90 | 6,92 |
| 5 | Resistencia a la tracción, kg/mm ² | 102 | 97 |
| | Alargamiento, % | 2,3 | 2,7 |
| | Energía de impacto, kgm/cm ² | 2,5 | 2,7 |
| | Dureza, kg/mm ² | 403 | 395 |
| | Propiedades después de doble compresión, doble fritado y tratamiento térmico: | | |
| 10 | Densidad, g/cm ³ | 7,29 | 7,29 |
| | Resistencia a la tracción, kg/mm ² | 148 | 140 |
| | Alargamiento, % | 4,1 | 4,5 |
| | Resistencia a la tracción, kgm/cm ² | 3,8 | 4,2 |
| 15 | Dureza, kg/mm ² | 515 | 502 |
| | Aptitud para templado con 7,0 g/cm ² , en mm | 52 | 50 |

20 Los aceros fritados fabricados a partir de los polvos F y G eran de naturaleza muy similar. Las tenacidades de los materiales eran extremadamente elevadas, por razón del alto contenido de manganeso. La doble compresión y el doble fritado proporcionan un importante aumento de la densidad, el cual a su vez, proporciona propiedades físicas extremadamente elevadas, especialmente después de tratamiento térmico. Bien entendido, después de tratamiento térmico, la tenacidad es considerablemente más pequeña que en el estado fritado.

25 Bien entendido, el invento no está limitado de ninguna manera a los modos de ejecución descritos, que no han sido dados más que a título de ejemplo.

30
6.5.69.

18 SEP. 1968



En particular, abarca todos los medios que constituyen equivalentes técnicos de los medios descritos, así como sus combinaciones, si estas son ejecutadas según el espíritu del invento.

5 La presente solicitud que corresponde a la presentada en Suecia, el 16 de Abril de 1.968, bajo el número 5020/68, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

REIVINDICACIONES

10 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:

15 1.- Un método de fabricar, por atomización de acero fundido y subsiguiente tratamiento en una atmósfera protectora, un polvo de hierro aleado, homogéneo con un contenido de carbono inferior a 0,1% en peso, para la preparación de aceros fritos susceptibles de ser templados, que contiene las impurezas habitualmente presentes en el
20 acero, y eventualmente desoxidantes tales como aluminio, calcio, zirconio o análogos, caracterizado porque el polvo contiene, 10% en peso como máximo de al menos un elemento de aleación, cuya concentración está determinada por la proporción $f/g \geq 0,40$, siendo f igual a la derivada $\frac{dF}{dc}$ del factor de multiplicación para la aptitud para
24
4.9.69.

18 SEP. 1968



templado F de la aleación obtenida a partir de dicho pol-
vo, y siendo g la derivada de $\frac{dG}{dc}$ de la resistencia a
la tracción G de una aleación idéntica a la aleación an-
tes citada, pero exenta de carbono.

5 2.- Un método según la reivindicación 1, ca-
racterizado porque se añade al menos uno de los elemen-
tos siguientes: boro, cromo, molibdeno, manganeso, vana-
dio y titanio, como elementos de aleación que favorecen
la aptitud para el templado.

10 3.- Un método según las reivindicaciones 1 ó
2, caracterizado porque se añade además niobio y/o tánta-
lo, en calidad de elementos de aleación que inhiben el
crecimiento de los granos.

15 4.- Un método según una cualquiera de las
precedentes reivindicaciones, caracterizado porque se
alean: 0,0005 - 0,005% en peso de boro; 0,5 - 3% en peso
de cromo; 0,1 - 0,5% en peso de manganeso; 1% en peso co-
mo máximo de molibdeno; 0,3% en peso como máximo de vana-
dio y/o titanio; 0,1% en peso como máximo de niobio y/o
20 de tántalo.

25 5.- Un método según una cualquiera de las
reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque se alean:
0,0005 - 0,005% en peso de boro; 0,5 - 3% en peso de man-
ganeso; 1% en peso como máximo de molibdeno; 0,3% en peso
como máximo de vanadio y/o titanio; 0,1% en peso como má-
ximo de niobio y/o de tántalo.

30 6.- Un método según una cualquiera de las
reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque se alea:
0,5-4% en peso de cromo; 0,1-0,5% en peso de manganeso;
3% en peso como máximo de molibdeno; 0,3% en peso como
4.9.69.

18 SEP 1969



máximo de vanadio y/o de titanio; 0,1% en peso como máximo de niobio y/o de tántalo.

7.- Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque se alea:
5 0,5 - 3% en peso de manganeso; 0,1-1% en peso de molibdeno; 0,3% en peso como máximo de vanadio y/o de titanio; 0,1% en peso como máximo de niobio y/o tántalo.

8.- Un método de fabricar, por atomización de acero fundido y subsiguiente tratamiento en una atmósfera protectora un polvo de hierro aleado.
10

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede y para los fines que se han especificado.

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

Madrid, 18 SEP. 1969

P. A.

Alberto de Lizasoain
Por Poder.

G.D.S.
4.9.69.