

285531

PATENTE DE INVENCION

B.812. 3E.



Memoria Descriptiva

sobre:

"Procedimiento para la preparación de una
aleación hierro-aluminio".

Solicitante:

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE, entidad francesa,
residente en: 69, rue de Varenne. PARIS VII^e,
(Seine), Francia.

El presente invento tiene por objeto un
procedimiento para la preparación de una aleación
hierro-aluminio.

5. Se sabe que el aluminio puede entrar en
solución sólida en el hierro hasta en una proporción

285531

27 FEB 1951



-2-

en peso de alrededor del 34%; sin embargo, las aleaciones hierro-aluminio, preparadas hasta ahora y susceptibles de tratamientos metalúrgicos, no exceden de una proporción en aluminio de 16 a 18% alrededor.

5

La principal dificultad ofrecida por las aleaciones de proporción elevada en aluminio obtenidas por los procedimientos clásicos consistía en una fragilidad que hacía difícil la formación de objetos por trabajo mecánico (por ejemplo, obtenidos de hojas por laminado) y esto tanto más cuanto más elevada era la proporción en aluminio.

10.

15.

La invención se relaciona con la obtención de un procedimiento de preparación que permite atenuar la fragilidad de la aleación y permitir la obtención de piezas que presenten una proporción en aluminio que puede alcanzar alrededor del 40% en peso.

20.

25.

30.

Los inventores han descubierto que la fragilidad de las aleaciones Fe-Al brutas de fundición, era una fragilidad intergranular, pero que no se debía únicamente, como se ha venido creyendo hasta ahora, a la presencia de precipitados (por ejemplo, de carburo o de óxido) a las juntas de granos; la soldadura de las juntas de granos que provocan la fragilidad de estas aleaciones son principalmente debidos a la existencia de contracciones mecánicas en el curso del enfriamiento de los lingotes después de colada y cuya importancia es debida a la mala conductividad térmica de estas aleaciones; la soldadura de las juntas se sensibilizan eventualmente por la presen-

285531 27 FEB



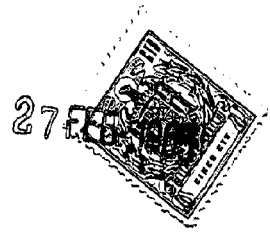
-3-

cia de un precipitado, de una capa de átomos extraños absorbidos por las impurezas de los constituyentes o de un conjunto de microcavidades.

5. El procedimiento según la invención se caracteriza porque se efectúa una mezcla en fusión de hierro, de aluminio y de uno o varios elementos que disminuyen la fragilidad, estando comprendida la proporción en aluminio entre el 16% y el 40%, y porque se cuela la citada mezcla en condiciones
10. tales que las tensiones internas sean muy reducidas, eligiéndose las disposiciones precedentes de modo que se evite la soldadura de juntas de granos y caracterizándose finalmente porque se destruye después la estructura de fundición por un trabajo mecánico de deformación en caliente.
- 15.

- Entre las condiciones de colada del procedimiento según el invento, es preciso hacer observar el empleo de una temperatura de colada lo más próxima posible a la temperatura de solidificación
20. de la aleación, a fin de limitar las tensiones internas que aparecen en el curso del enfriamiento y (por lo menos cuando el volumen de colada es relativamente reducido) el precalentamiento de la lingotera: de este modo, las contracciones térmicas y los cebados de desprendimiento de la junta se reducen a un valor aceptable.
- 25.

- La introducción en cantidades muy reducidas (normalmente inferiores a 1% y de preferencia a 0,5%) de elementos de adición puede facilitar la captación de las impurezas susceptibles de
- 30.



fragilidad.

- 5. Estas impurezas las aporta, por regla general, el hierro, pudiendo obtenerse el aluminio muy puro. Una adición de circonio o de niobio permite captar las impurezas frágiles, tales como carbono, oxígeno y nitrógeno. La proporción en elementos de adición se fija convenientemente en relación con la proporción en impurezas: por ejemplo, se ha podido determinar que la proporción en peso en circonio, debía ser por lo menos igual a alrededor de diez veces la proporción en carbono (es decir, en proporción átomo por átomo) para eliminar los efectos perjudiciales debidos a la presencia de carbono cuya proporción puede, por regla general, mantenerse por debajo de 0,02%.
- 10.
- 15.

- 20. Es evidente que el desbastado puede, para ciertas aplicaciones, ser suficiente para dar lugar a productos acabados. En otros casos, se precisarán operaciones de trabajado o de tratamiento metalúrgico en caliente y/o en frío.

La adición, en cantidad reducida, de un elemento tal como el boro tiene además por objeto, mejorar la cohesión intergranular de la aleación.

- 25. Entre los productos industriales nuevos obtenidos por aplicación del procedimiento, las aleaciones binarias hierro-aluminio (que comprenden eventualmente hasta 1% de elementos de adición) que presentan una proporción en peso de aluminio comprendida entre 18 y 31% son particularmente interesantes. En efecto; estas proporciones correspon-
- 30.

28553 17 FEB



-5-

den a la temperatura atmosférica normal, a las aleaciones que solo comprenden la fase Fe-Al; inferior al 18% aparece la fase Fe₃-Al; por encima del 31% aparece un precipitado de fase Fe-Al₂.

5. Sim embargo, el procedimiento no se limita a las aleaciones binarias hierro-aluminio (en las que las adiciones de elementos que disminuyen la fragilidad permanecen en cantidades muy reducidas), sino que se aplica igualmente a las aleaciones que comprenden en cantidades notables otros constituyentes, tales como el berilio o, en ciertos casos, el silicio; esta clase de aleación puede ser útil para las aplicaciones nucleares, como se verá más adelante.
- 10.
15. Se pueden utilizar precauciones clásicas, tales como la fusión y la colada en vacío, en atmósfera inerte, o al aire bajo un flujo protector; de preferencia, los productos de partida son los más puros posible. La introducción de los dos constituyentes principales o únicos se efectúa de preferencia en el orden: hierro y después aluminio.
20. Las particularidades descritas hasta ahora tienen por objeto la obtención de un producto bruto de fundición de fragilidad reducida; la marcha del tratamiento se efectúa de modo que se obtengan
25. buenas propiedades mecánicas (resistencia a la rotura, límite de elasticidad, alargamiento, dureza) para una elasticidad conveniente. La marcha del tratamiento comprende con dicho objeto, un trabajo mecánico en caliente de deformación del producto bruto
- 30.

285531

-6-



de fundición.

- En el curso de este tratamiento, denominado desbastado se destruye la estructura de fundición: la temperatura alcanzada está comprendida por regla general, entre 600° C y 1.200° C; depende de la proporción en aluminio y de la naturaleza y de la proporción del aditivo o aditivos; este desbastado puede efectuarse por estirado, forjado con la prensa o laminado; este tratamiento debe efectuarse sin choques ni deformaciones demasiado rápidas. En ciertas formas, el desbastado puede ser suficiente para dar lugar a productos acabados.
5. El trabajo mecánico de deformación en caliente (o desbastado) que permite destruir la estructura de fundición comprende convenientemente las etapas de revestimiento del lingote procedente de la colada por una funda o envoltura metálica, de ejecución de las operaciones de trabajo mecánico en caliente sobre el lingote provisto de su funda o envoltura y de eliminación de la envoltura. La envoltura puede realizarse por cualquier medio clásico, pero debe evitarse llegar a un punto débil en una zona sometida a contracciones elevadas en el curso del desbastado: recubrimiento hidrostático en frío, revestimiento electrolítico, "shoopage"...
10. 15. 20. 25.

- Uno de estos tratamientos ulteriores puede consistir en un trabajo mecánico de deformación denominado "en frío", es decir, efectuándose a la temperatura ambiente o a temperatura comprendida entre la ambiente y la temperatura de recris-
- 30.

285531

27 FEB



-7-

talización; este trabajo mecánico de deformación en frío, que conduce al batido de la aleación, puede efectuarse, por ejemplo, por laminado o estirado; permite:

5. - la obtención de productos de espesor más reducido: de este modo, el espesor mínimo que puede alcanzarse por laminado en frío es mucho más reducido que el que se alcanza mediante un laminado en caliente solamente, por lo menos con los laminadores habitualmente utilizados, la obtención de cotas bien precisas,
10. -al precio de un tratamiento térmico ulterior, la adaptación de las propiedades mecánicas a un objeto particular.
- 15.

Debe hacerse observar que el trabajo mecánico en frío se hace posible por el desbastado anteriormente descrito y ello hasta una proporción en aluminio superior al 20%.

20. En este estado batido y para una proporción en hierro superior a alrededor del 75%, la aleación Fe-Al es una solución sólida desordenada; es pues ferromagnética y puede utilizarse como material magnético particularmente en forma de hojas.
- 25.

30. Esta propiedad de las aleaciones Fe-Al, conocida y ejecutada para aleaciones de proporción en hierro superior a 84% se ha visto confirmada por las aleaciones de proporción en hierro comprendidas entre 75% y 84% en peso.

285531



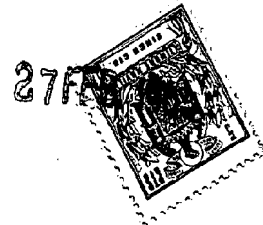
-8-

- Las aleaciones Fe-Al, con proporción en hierro comprendida entre 75% y 84% según la presente invención, son pues materiales magnéticos nuevos, constituyen productos industriales nuevos; presentan la ventaja de una densidad más reducida que las otras aleaciones magnéticas a base de hierro y que las aleaciones magnéticas Fe-Al que han podido ser ya preparadas; además, su resistencia a la oxidación es muy grande, superior a la de las aleaciones Fe-Al ya conocidas, puesto que la proporción en Al es más elevada.
- 5.
- 10.

- Teniendo en cuenta su débil sección eficaz de absorción de neutrones, estas aleaciones pueden pues, en ciertos casos, reemplazar ventajosamente las aleaciones de cobalto para la constitución de los imanes utilizados en los reactores nucleares.
- 15.

- Con objeto de mejorar las características mecánicas de la aleación Fe-Al, se le puede ventajosamente hacer experimentar, ya sea directamente después del desbastado, o sea, después del trabajo mecánico de desbastado en frío, un tratamiento térmico que tiene por objeto modificar la distribución de las impurezas así como la estructura de la aleación; este tratamiento térmico es de naturaleza cualquiera adaptada a las modificaciones requeridas, no debiendo la temperatura exceder, evidentemente, de aquella para la cual el grano se haría tosco; este tratamiento puede pues ser, por ejemplo, un recocido o un revenido. Puesto que la estructu-
- 20.
- 25.
- 30.

285531



-9-

ra así obtenida no es frágil, el tratamiento puede seguirse eventualmente por un nuevo tratamiento mecánico, en caliente y/o en frío, seguido a su vez de un tratamiento térmico; el ciclo puede repetirse varias veces.

5.

Si la aleación debe utilizarse como material de estructura en un reactor nuclear a temperatura media o elevada, puede resultar interesante, con objeto de estabilizarle lo más posible, y lo

10.

más pronto posible, el comportamiento mecánico de este material en curso de funcionamiento, efectuar de un modo preliminar el referido tratamiento térmico, por lo menos a la temperatura máxima que se alcanza después en el canal del reactor.

15.

De un modo general, las aleaciones Fe-Al, según la presente invención, presentan una característica resistencia a la oxidación, superior a la del acero inoxidable en el caso de proporciones elevadas de aluminio (por ejemplo, superiores a 18%),

20.

debida esencialmente al hecho de que la superficie exterior de la aleación se cubre con una película autoprotectora de óxido.

25.

El aluminio que presenta una reducida sección eficaz de absorción de los neutrones, la utilización de las aleaciones según el invento, pueden utilizarse como material de estructura en un reactor nuclear, particularmente como material de envoltura de los elementos combustibles; a espesor de envoltura igual, la absorción neutrónica es

30.

tamente más reducida que en el caso del acero in-

285531



-10-

oxidable y el límite elástico, a temperatura elevada, por ejemplo, entre 450°C y 700°C, es netamente superior a la del acero inoxidable.

5. La aleación Al-Fe, que contiene eventualmente berilio o hasta silicio, constituye pues un material de estructura utilizable en los reactores nucleares, por ejemplo, como material de revestimiento, particularmente en los reactores nucleares de elevada temperatura, en los casos en que el
10. acero inoxidable o el berilio pueden no ser convenientes, el primero a causa de su demasiado gran poder de absorción neutrónica, el segundo a causa de su toxicidad, de su fragilidad, de su reducida resistencia al "fluage" a partir de 600°C, del hinchamiento de
15. las envolturas a consecuencia de la formación de burbujas de helio y por último de su resistencia demasiado reducida a la corrosión en caliente particularmente en el gas carbónico a 600°C.

20. A título comparativo, un reactor que utilizara óxido de uranio (uranio natural) como combustible, el gas carbónico a 600°C a 60 kg/cm² como fluido de enfriamiento y unos elementos combustibles cilíndricos de 15 mm de diámetro no podría funcionar con una envoltura de 0,2 mm de espesor de acero inoxidable (siendo este espesor el valor límite fijado por razones de seguridad); La pérdida de reactividad debida al revestimiento es entonces, en efecto de 0,087 p.c.m., es decir, más del doble del margen disponible para un funcionamiento eficaz; entonces sería forzoso emplear uranio enriquecido isotópicamente en
- 25.
- 30.

285531

27



-11-

- 235_U en lugar de uranio natural, por el contrario, la utilización en las mismas condiciones de una aleación Al-Fe a un espesor conveniente permite evitar, a partir de cierta proporción en aluminio, la utilización de uranio enriquecido. La proporción en aluminio debe ser superior al 20% para que sea así; para una aleación binaria Fe-Al y un acero inoxidable 18/8, las secciones eficaces Σ de los tubos de recubrimiento son las siguientes:
- 5.
10. - acero inoxidable 18/8 $\Sigma = 0,245 \text{ cm}^{-1}$
 - aleación binaria Fe-Al a 20% en peso de Al $\Sigma = 0,142 \text{ cm}^{-1}$
 - aleación binaria Fe-Al a 30% en peso de Al $\Sigma = 0,115 \text{ cm}^{-1}$
15. En el caso de una aleación ternaria en la que el tercer constituyente posee una reducida sección eficaz de absorción de los neutrones, la proporción en aluminio de la aleación puede hacerse descender disminuyendo la sección eficaz global de la aleación; en peso 1% de berilio equivalente en efecto desde el punto de vista sección eficaz de absorción de los neutrones a 2% de aluminio.
20. La invención se comprenderá con más facilidad de la lectura de la descripción que sigue de varios ejemplos de ejecución del procedimiento según el invento de preparación de una aleación Hierro-Aluminio, dados a título no limitativo. La figura única que acompaña la descripción representa la corrosión de una aleación según el invento en atmósfera de gas carbónico.
- 25.
- 30.

285531 27 FEB



EJEMPLO 1 -

La aleación a ejecutar presenta la composición siguiente:

- hierro electrolítico : 3 kg.
- aluminio al 99,99% : 1 kg.
- circonio : 4 g.

5.

10.

a) fusión y colada: Los 3 kg de hierro electrolítico se funden y se ponen a la temperatura de 1.600°C en un vacío del orden de 10^{-4} mm de Hg; se le añade aluminio 99,99%, luego el circonio; la temperatura se pone a 1.450°C y la mezcla en fusión se cuele en vacío (10^{-4} mm Hg) en una lingotera calentada a 620°C.

15.

Por último, la velocidad de enfriamiento se limita a alrededor de 50°C por hora. Es preciso hacer notar que el precalentamiento no es evidentemente necesario más que porque la masa de colada utilizada en este ejemplo es débil.

20.

b) desbastado: el lingote obtenido después de enfriamiento se cubre con una envoltura metálica, por ejemplo, de un acero corriente (XC 12 o XC 35 particularmente). La envoltura del lingote puede efectuarse por uno cualquiera de los procedimientos de recubrimiento clásicos, por ejemplo, por soldadura de una chapa previamente arrollada sobre el lingote, por recubrimiento hidrostático en frío, etc.

25.

El espesor de la envoltura está previsto evidentemente para que los tratamientos mecánicos posteriores dejen subsistir un espesor tal que no exista el riesgo de desgarre, o deterioro; este espesor era del

30.

28531²⁷FEB



-13-

orden de 2 mm en el ejemplo descrito.

5. La pieza compuesta constituida por el lingote revestido con su envoltura se somete a una serie de pasos de laminado a 1050°C, debiendo conducir cada pase a una disminución de espesor suficiente para trabajar el metal en todo su volumen.

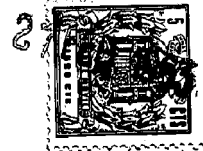
10. La presencia de la envoltura permite facilitar la circulación superficial de la aleación y permite deformaciones que el lingote no soportaría si se hubiese tratado desnudo.

15. En el ejemplo mencionado, cada pase conduciría a una reducción del espesor de 2 mm, y entre dos pasos consecutivos se efectuaría un recalentamiento de 2 mm poniendo la temperatura a 1050°C. Así se puede poner sin dificultad el espesor de la pieza compuesta a alrededor de 2 mm. Evidentemente el recalentamiento solo es necesario porque la temperatura de la pieza disminuye sensiblemente debido al hecho de sus reducidas dimensiones.

20. La pieza compuesta puede entonces abandonar su envoltura de acero (cuyo espesor se ha reducido evidentemente de un modo sensible en las mismas proporciones que las de la pieza) por diferentes métodos. La envoltura, que en el ejemplo descrito solo subsiste en forma de una película del orden de algunas décimas de milímetro, puede ser por ejemplo:

30. - separada por corte mecánico de la envoltura a lo largo de uno de los flancos de la chapa,

285531



-14-

5. - destruída por disolución química de la envoltura en una mezcla de 50% de ácido nítrico y 50% de agua (la aleación hierro-aluminio resiste bien al ataque con el ácido nítrico diluido),
- destruída por oxidación selectiva de la envoltura por calentamiento con aire o en atmósfera oxidante.
- c) trabajo en frío: la aleación así obtenida puede someterse a operaciones mecánicas ulteriores que conducen a deformaciones limitadas, por ejemplo, de deformación por laminado a la temperatura ambiente con recocidos entre los pasos de laminado sucesivos.
10. EJEMPLO 2 -
15. a) fusión y colada: una masa de colada se prepara en condiciones parecidas a las del ejemplo 1, a partir de 2,9 kg de hierro electrolítico, 1,1 kg de aluminio y 4 g de circonio. La temperatura se pone después hasta algunas decenas de grados por encima de la temperatura de solidificación (líquidus) de la aleación y esta última se cuela en vacío en una lingotera precalentada. El enfriamiento se lleva a cabo después como en el ejemplo 1. La aleación así colada presenta la composición siguiente en peso:
- 20.
- 25.
- | | |
|------------|---------|
| - hierro | : 72,2% |
| - aluminio | : 27,7% |
| - circonio | : 0,1% |
30. Además, el análisis revela vestigios de

285531

27 FEB 1951



-15-

carbono, de nitrógeno, de fósforo y de azufre en las proporciones siguientes:

5.	- carbono	: 0,01 %
	- nitrógeno	: 0,01 %
	- fósforo	: 0,002%
	- azufre	: 0,002%

b) desbastado: el lingote así elaborado es susceptible de soportar un trabajo de labrado al torno, utilizando útiles de gran dureza (útiles al carburo de tungsteno). La calidad del trabajo o labrado se perfecciona, manteniendo la aleación a 400°C en el curso del labrado.

10.

Esta operación de labrado o torneado puede no resultar necesaria para ciertos estados de superficie y cuando el desbastado consiste en un laminado que puede efectuarse después del recubrimiento según un proceso similar al que se ha descrito en el ejemplo precedente. Pero es necesario para dar forma al lingote cuando el tratamiento comprende un estirado del lingote recubierto.

15.

20.

25.

30.

Quando el estirado deba dar lugar a un barrote macizo, se efectúa el labrado con el torno para obtener un cilindro en el que la parte terminal delantera es redondeada. La pieza así trabajada se recubre mediante un procedimiento clásico cualquiera, con una envoltura de acero que presente una forma adaptada y cuyo espesor es de algunos milímetros. Puede ser útil reemplazar el acero dulce por otros metales o aleaciones: aleaciones hierro-aluminio a algunos por cientos de aluminio, que presentan la ven-

285531

27 FEB 1953



-16-

taja de una mejor resistencia a la oxidación y, en ciertos casos, níquel o cupro-níquel.

5. La pieza compuesta así obtenida, se estira después en la prensa a 950°C. A esta temperatura, se puede alcanzar una relación de estirado del orden de 30, es decir, preparar unos redondos de 11 mm de diámetro, a partir de lingotes trabajados a 60 mm.

10. Un procedimiento similar permite obtener tubos de espesor inferior al milímetro: en este caso, se efectúa el trabajado con el torno para suministrar un cilindro hueco que después se cubre interior y exteriormente.

15. Después de estirado, se puede efectuar la separación de la aleación y de su envoltura de acero mediante uno de los procedimientos ya mencionados en el ejemplo 1, por ejemplo, por disolución química en una solución al 50% de agua y 50% de ácido nítrico que disuelve rápidamente la envoltura, por oxidación de la misma, por calentamiento con aire o en atmósfera oxidante. En este último caso, la envoltura desaparece mientras que la aleación no es atacada gracias a su resistencia elevada a la oxidación.

20. c) trabajo en frío: el producto estirado obtenido puede utilizarse en ciertos casos tal cual es, porque presenta un buen estado de superficie. Pero, si fuera necesario, puede también trabajarse en frío, y por ejemplo ser estirado al torno: en efecto, el tamaño de los granos después de estirado se pone a 20 ó 30 micrones y permite el trabajo.

25.

30.

285531

27 FEB 1966



-17-

jado.

La pieza trabajada o procedente del estirado puede sufrir un tratamiento térmico durante una hora a 800°C; el producto procedente del estirado presenta después de este tratamiento térmico, las características siguientes:

5.

Temperatura	Resistencia a la tracción	Límite elástico	Alargamiento a la rotura
20° C	54 kg/mm ² (rotura frágil)	40 kg/mm ²	3 %
340° C	91 kg/mm ²	37 "	15 %
500° C	36 "	25 "	50 %

EJEMPLO 3 -

Las mismas operaciones que en el ejemplo 2 (fusión, colada, labrado, recubrimiento, estirado y eliminación de la envoltura o recubrimiento) se aplican a una aleación al 25% de aluminio en peso, cuya composición es la siguiente:

10.

- hierro : 74,9 %
- aluminio : 25 %
- circonio : 0,1 %

15.

presentando vestigios de impurezas en las proporciones siguientes:

- carbono : 0,01 %
- nitrógeno : 0,01 %

285531 FEB 1963



-18-

- fósforo : 0,002 %

- azufre : 0,002 %

El producto obtenido presenta después de tratamiento térmico a 800°C las características que se indican en el cuadro que sigue:

5.

Temperatura	Resistencia a la tracción	límite elástico	Alargamiento a la rotura
20° C	72 kg/mm ² (rotura frágil)	26 kg/mm ²	8 %
372° C	52 kg/mm ²	32 "	27 %
524° C	32 "	28 "	50 %

El producto procedente del estirado puede ser objeto de tratamientos suplementarios que permiten para terminar un laminado en frío por reducidas pases. Este tratamiento consistirá, por ejemplo (eventualmente después de pulimentación del producto procedente del estirado) en una nueva envoltura, luego en un laminado entre 500 y 600°C para orientar los cristales: el producto obtenido siempre recubierto, puede ser laminado en frío.

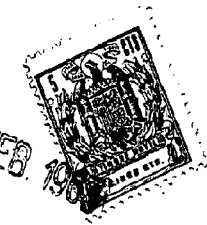
10.

15.

La figura única representa la oxidación (expresada en aumento de peso por unidad de superficie) en el tiempo de dos materiales en atmósfera de gas carbónico a 700°C a 60 kg/cm² de presión. La curva (I) corresponde a la aleación hierro-aluminio se-

285531

27 FEB 1960



5. según el ejemplo 3. La curva (II) corresponde a un acero inoxidable 18/12 estabilidad al niobio, conocido por su buena resistencia a la corrosión por el gas carbónico a alta temperatura: se ve que al cabo de 5.500 horas de exposición, la corrosión de la aleación Hierro-Aluminio es inferior a la mitad de la del acero inoxidable.

EJEMPLO 4 -

10. a) fundición y colada: se prepara una aleación a 79,6% de hierro, 17,2% de aluminio y 2,8% de berilio, a partir de los constituyentes siguientes:

- hierro : 3 kg
- aluminio : 0,650 kg
- berilio : 0,105 kg
- 15. - circonio : 15 g.

La fusión y la colada se efectúan como anteriormente; en estado bruto de fundición esta aleación tiene las propiedades siguientes:

- 20. - dimensión de los granos alrededor de 0,15 mm
- dureza Brinnell Δ = 320.

25. b) desbastado: el lingote se lamina a 1050°C por pases que conducen cada uno a una reducción de espesor de 1 mm hasta un espesor final de 2 mm; en este estado la aleación posee una dureza Brinnel Δ = 330.

Ulteriormente, un tratamiento térmico a 1.100°C permite descender la cifra de dureza Brinnel a 260.

30. EJEMPLO 5 -

285531



-20-

a) fusión y colada: Las mismas operaciones de fusión y colada se aplican a una aleación a 25% de aluminio que presenta la composición ponderal siguiente:

5.	- hierro	: 74,9 %
	- aluminio	: 25 %
	- circonio	: 0,1 %

y unas impurezas en estado de vestigios:

	- carbono	: 0,01 %
10.	- nitrógeno	: 0,01 %
	- fósforo	: 0,002%
	- azufre	: 0,002%

b) desbastado - deformación en caliente:

15. se efectúan pases de laminado a 1050°C, llevándose a cabo un recalentamiento de dos minutos entre cada pase de laminado.

Se puede obtener una proporción de reducción inferior a 90% y alcanzar espesores finales del orden del milímetro.

20. c) deformación en frío: después de laminado en caliente, el laminado puede volver a efectuarse a la temperatura ambiente.

Así se puede mediante laminado en frío obtener dos proporciones de reducción de 50%.

25. Después de laminado, la dureza Vickers del producto es de 500 HV; tratamientos térmicos de recocido a 950° permiten hacer descender esta dureza a 280 HV.

EJEMPLO 6 -

30. Se aplican las mismas operaciones que en

285531

27 FEB



-21-

el ejemplo 2 (fusión, colada ...) a una aleación que presente la composición siguiente:

- hierro : 68,9 %
- aluminio : 31 %
- circonio : 0,1%

5.

e impurezas del mismo orden que en los ejemplos 2 y 3.

El producto obtenido presenta las características siguientes:

10.

Temperatura	Resistencia a la tracción	Límite elástico	Alargamiento a la rotura
20° C	54 kg/mm ² (rotura frágil)	44 kg/mm ²	1,5 %
200° C	57,5 kg/mm ² (rotura frágil)	40 "	3,5 %
400° C	71 "	38,5 "	13 %
524° C	22 "	16,5 "	46 %

15.

Los ejemplos que quedan descritos, aún cuando no son evidentemente limitativos, muestran que el procedimiento según la invención permite obtener aleaciones hierro-aluminio en las que la proporción de aluminio excede ampliamente los 16 a 18% en peso, que hasta ahora se admitían como límite a partir del cual las aleaciones no presentaban propiedades mecánicas que permitieran su trabajo ulterior. La aleación hierro-aluminio que permite el

285531



-22-

5. procedimiento del presente invento, hace posible aproximar el límite de la solubilidad del aluminio en el hierro (alrededor del 34%) conservando buenas propiedades mecánicas. Si estas propiedades no son esenciales, se puede admitir un ligero precipitado de aluminio, al precio de una disminución muy sensible de las características mecánicas y alcanzar una proporción de alrededor del 40%.

10. Se sobrentiende que el alcance de la presente patente se extiende no tan solo al procedimiento que queda descrito y a todas sus variantes que entran en el dominio de las equivalentes, sino también, a las aleaciones obtenidas por la aplicación del referido procedimiento.

15. N O T A

20. Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental. También se hace constar que el invento se refiere a dos solicitudes de patente presentadas en Francia con fechas 2 de marzo de 1.962 nº PV. 889.735 y 18 de octubre de 1.962 nº PV. 912.600,

25. acogiéndose, por lo tanto, a los beneficios que conceden los Convenios Internacionales en vigor y siendo lo que constituye la esencia del referido invento y por lo que se solicita Patente de Invención por 20 años en España: "PROCEDIMIENTO PARA LA PREPARACION DE UNA

30. ALEACION HIERRO-ALUMINIO; caracterizándose por lo si-



guiente:

5. 1^a - Procedimiento de preparación de una aleación hierro-aluminio, caracterizado porque comprende la fusión de una cantidad de hierro correspondiente a una proporción inferior a 84% en peso de la aleación, la adición de otros constituyentes de la aleación, la colada a una temperatura poco superior a la temperatura de solidificación de la aleación y de preferencia inferior a 50°C por encima de dicha temperatura, la solidificación y el enfriamiento lento de la aleación en forma de un lingote, y la destrucción de la estructura de fundición por un trabajo mecánico de deformación en caliente.
10. 2^a - Procedimiento según la reivindicación 1^a; caracterizado por las fases suplementarias de revestir el lingote procedente de la colada con una envoltura metálica antes de efectuar las operaciones de trabajo mecánico en caliente sobre el lingote provisto de su envoltura y de eliminación de la referida envoltura.
15. 3^a - Procedimiento según las reivindicaciones 1^a y 2^a, caracterizado porque se incorporan unos aditivos elegidos en el grupo que comprende el circonio, el niobio, el titanio, el itrio, las tierras raras y el boro en proporción inferior al 1% en peso de la aleación.
20. 4^a - Procedimiento según las reivindicaciones 1^a, 2^a o 3^a, caracterizado porque para la preparación de una aleación ternaria hierro-aluminio-
25. 30.



berilio, se añaden el aluminio y el berilio después de fusión en una cantidad de hierro que corresponde a una proporción inferior a 84% en peso de la aleación.

5. 5ª - Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 4ª, caracterizado porque la colada se efectúa en una lingotera precalentada.
10. 6ª - Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 5ª, caracterizado porque la fusión y la colada se efectúan en atmósfera inerte.
15. 7ª - Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 6ª, caracterizado porque la destrucción de la estructura de fundición se efectúa por un tratamiento de deformación progresiva en caliente, a una temperatura comprendida entre 600°C y 1200°C.
20. 8ª - Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 7ª, caracterizado por una etapa de trabajo mecánico de desbastado a una temperatura comprendida entre la temperatura ambiente y 600°C.
25. 9ª - Procedimiento, según la reivindicación 8ª, caracterizado porque el trabajo mecánico vá seguido de un tratamiento térmico.
30. 10ª - Procedimiento según la reivindicación 4ª, caracterizado porque una etapa de trabajado o torneado antes del recubrimiento.
- 11ª - Procedimiento según la reivindi-

285531 27F



-25-

cación 10ª, caracterizado porque la aleación se trabaja en forma de un cilindro hueco que se cubre interior y exteriormente.

5. 12ª - Procedimiento según las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se obtiene una aleación binaria hierro-aluminio que comprenden de 18 a 31% en peso de aluminio y una proporción de aditivos inferior a 1% que presentan únicamente la fase Fe-Al.

10. 13ª - Procedimiento para la preparación de una aleación Hierro-aluminio, tal y como queda substancialmente descrito en la presente memoria.

15. Esta memoria consta de veinticinco hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid,

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE,

J. GOMEZ ACEBO Y MODEY

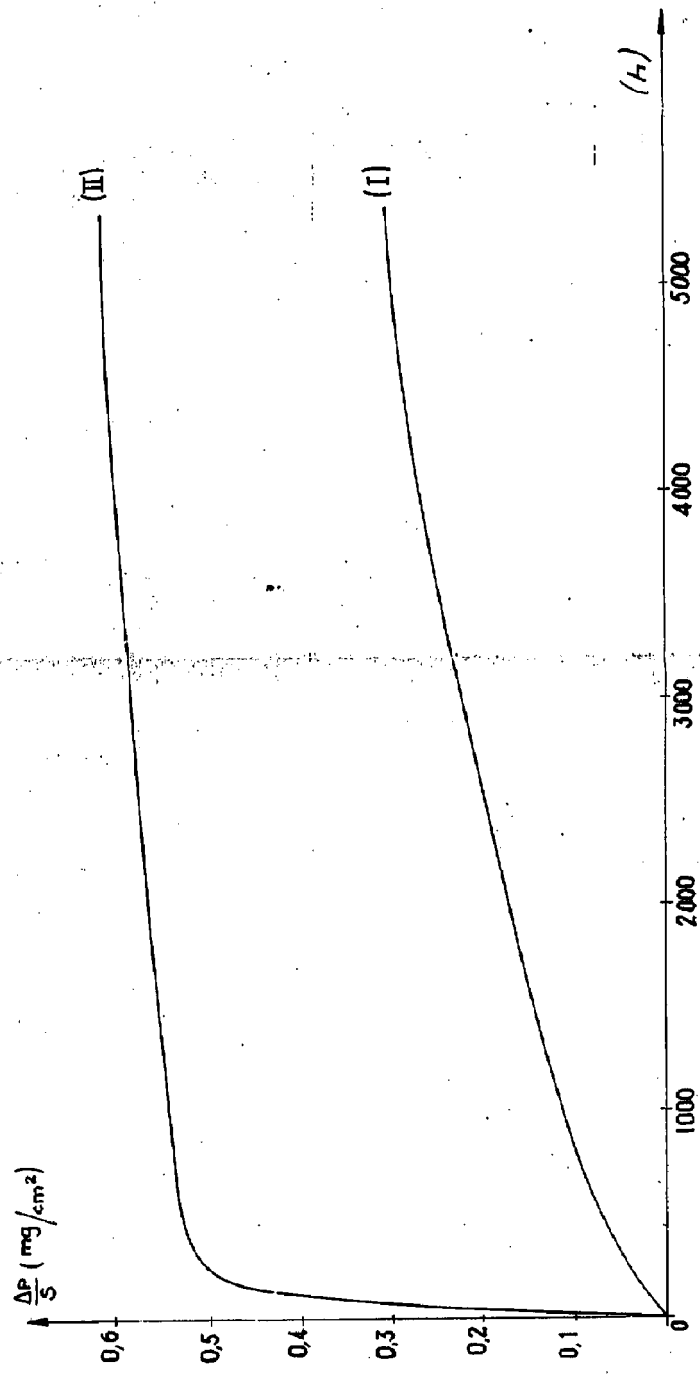
27 FEB

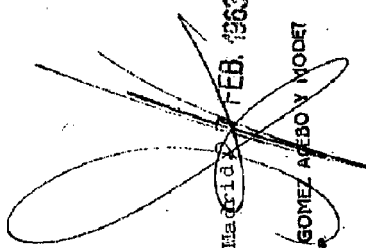


ESCALA VARIABLE

285531

27 FEB




 27 FEB. 1963
 J. GOMEZ AZEBO Y NODET