



(10) ES	(11) NUMERO	(10) A 1
	463.356	
	(22) FECHA DE PRESENTACION	
	19-10-77.	

PATENTE DE INVENCION

(30) PRIORIDADES:	(32) FECHA	(33) PAIS
(31) NUMERO		

(47) FECHA DE PUBLICIDAD	(51) CLASIFICACION INTERNACIONAL	(62) PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	H 01 F	

(64) TITULO DE LA INVENCION

Procedimiento de conformación para producir un elemento magnético.

(71) SOLICITANTE (S)

WESTERN ELECTRIC COMPANY, INCORPORATED.

DOMICILIO DEL SOLICITANTE

222 Broadway, New York New York 10038, EE.UU. de A.

(72) INVENTOR (ES)

GILBERT YUKYU CHIN., CAESER WONSIEWICZ, JOHN TRAVIS FLEWES.

(73) TITULAR (ES)

(74) REPRESENTANTE

D. Jose Miguel Gomez-Acebo y Pombo.

El invento se relaciona con un procedimiento para conformar materiales magnéticos duros, y con dispositivos magnéticos que utilizan los materiales así conformados. La conformación se realiza por fases que comprenden trabajo mecánico cuyo trabajo mecánico se realiza al menos en una parte crítica a baja temperatura, a veces a temperaturas ambiente. Las propiedades magnéticas son suficientes para permitir su empleo en muchos dispositivos de polarización magnética tales, como transductores electroacústicos, incluyendo receptores, altavoces y similares.

La historia del desarrollo de los materiales magnéticos duros se caracteriza por una investigación continua con el fin de hallar valores de coercividad cada vez más elevados, imanación remanente y producto energético. Esto se evidencia considerando tales dispositivos como altavoces de imán permanente, donde el mayor producto energético da por resultado una mejor respuesta de los bajos para un tamaño de imán dado. En los receptores, las consideraciones de diseño, como el espacio de aire y volumen, sugieren mayores valores de coercividad, así como de productos energéticos. Las investigaciones se han acelerado por las tendencias de diseño actuales, todo lo cual conduce hacia una mayor minituarización que, a su vez, indica un mayor producto energético, así como coercividad para conseguir la polarización permanente deseada para las proporciones ahora reducidas. Desde muchos puntos de vista, es razonable caracterizar los modernos materiales de imanes permanentes con coercividades del orden de por lo menos 250 Oe e imanaciones remanentes de por lo menos 7.000 Gauss, indicando un producto energético máximo de por lo menos un millón de Gauss-Oerstedts. Para dispositivos reales de funcionamiento, el valor del pro-

ducto energético en cuestión es el medido a lo largo de una línea de funcionamiento (o línea de carga) que depende de parámetros de diseño tales como reluctancia del circuito, etc, y, en este caso, un producto energético útil puede ser algo menor que el valor máximo. Desde el punto de vista de elaboración, los materiales magnéticos duros pueden clasificarse perteneciendo a una de dos categorías. Las aleaciones agrias, están ejemplificadas por las series Alnico (vease R.M. Bozorth: Ferromagnetism, D.Van Nostrand, 1951). Dichas composiciones, a base de aluminio, níquel y cobalto no se prestan al trabajo mecánico, por ejemplo, por laminación o estiramiento. Por lo tanto, las piezas de tales aleaciones se tienen que fabricar necesariamente por moldeo o metalurgia en polvo. Las aleaciones dúctiles, ejemplificadas por las aleaciones: Cunife (cobalto, níquel, cobre y hierro), Cunico (cobalto, níquel y cobre) y Vicalloy (vanadio, cobalto y hierro), se pueden trabajar fácilmente a temperatura ambiente. Las piezas de tales aleaciones se elaboran en general por operaciones de laminación y perfilado.

Desde un punto de vista comercial, a veces son convenientes otras formas de fabricación. Un ejemplo comprende la aleación Remalloy, que es una aleación de hierro, cobalto y molibdeno, v.g., 20 % en peso de molibdeno, 12 % en peso de cobalto, y el resto (hasta igualar 100 % en peso) hierro. Las piezas de Remalloy, que es de la categoría agria, se producen por trabajo mecánico que, no obstante, exige temperaturas superiores a 1.100°C. Esta composición de Remalloy que sirve de ejemplo, y que ya refleja un término medio o compromiso entre la capacidad de trabajo y maximación de las características magnéticas se emplean notablemente en receptores telefónicos.

Esta aleación se forma normalmente en una banda de laminación en caliente del orden de 2,5 mm de espesor por una serie de etapas de elaboración que comprenden: (1) moldeo del lingote; (2) laminación en caliente a 1200°C hasta alcanzar el espesor deseado en una serie de operaciones de laminación; (3) estampación hasta alcanzar la configuración deseada, realizándose la operación de estampación necesariamente a temperatura elevada; (4) tratamiento térmico de disolución a 1200°C; (5) rectificado a dimensiones finales; y (6) finalmente, un tratamiento térmico terminal a 700°C aproximadamente para desarrollar las características magnéticas permanentes. Dicha pieza de Remalloy, diseñada, por ejemplo, en el receptor telefónico, puede tener una coercividad de 300 Oe, una remanencia de 9000 Gauss y un producto energético utilizable de quizás un millón de Gauss-Oersteds.

Las aleaciones Remalloy que se pueden trabajar en caliente y elaborar según se ha descrito, se caracterizan por tener propiedades magnéticas entre las mejores que se pueden obtener de los materiales de trabajo en caliente, por lo menos en los materiales dentro de una gama aceptable de precio para la producción en cadena. Para ciertos usos, donde las piezas están sujetas a choque, incluso las aleaciones Remalloy trabajables son inacceptables y, por tanto, por ejemplo, incluso el receptor de microteléfono empleado como ejemplo anteriormente, no se puede construir de Remalloy para ciertos usos, por ejemplo, para utilizarse en teléfonos de cabinas telefónicas donde cabe esperar ciertos abusos.

El invento se refiere principalmente a aleaciones que manifiestan una capacidad de conformación mejorada. Para estos fines, es conveniente definir la capacidad de conforma-

ción como incluyendo una deformación para producir al menos una flexión o incurvación de 90° a un radio de curvatura aproximadamente igual al espesor del cuerpo que se dobla. La mejora adopta en general la forma de elaboración permitida a mayor temperatura, aunque los materiales que sirven de ejemplo tienen el atributo adicional de ser resistentes al ataque por nitrógeno, permitiendo que por lo menos gran parte de la elaboración, si no toda, se pueda realizar al aire.

Las aleaciones de consecuencia particular según el invento son magnéticas y la elaboración puede dar por resultado una imanación permanente de 700 Gauss y aún mayor, una coercividad de 300 Oe o superior, y productos energéticos máximos y normalmente utilizables de dos millones y un millón de Gauss-Oersteds respectivamente.

A pesar de que el invento se define principalmente en los términos de hallar que se puede elaborar una categoría de aleaciones, según se ha indicado anteriormente, sus aspectos comprenden: (a) designación de una nueva serie de composiciones particularmente idóneas para dicha elaboración y (b) productos resultantes de dicha elaboración. Todas las composiciones en cuestión, desde el punto de vista del invento, se pasan en la serie ternaria que se puede expresar en partes en peso de: 25-30 cromo, 10-20 cobalto, resto hasta componer 100 partes de hierro. Todas las composiciones en cuestión se modifican por adición de por lo menos 0,4 % en peso de al menos uno de los elementos zirconio, molibdeno, niobio, vanadio, titanio y aluminio. (Este porcentaje se basa en 100 partes en peso de la composición ternaria). A pesar de que se pueden servir otras funciones adicionales, dichos elementos codificantes realizan, según se cree, al menos una función en común: v.g. su

presión de la fase sigma de baja temperatura. Las aleaciones del invento modificadas son, por consiguiente, notablemente ferríticas (fase alta). La reducción al mínimo de la cantidad de fase sigma reduce la fragilidad.

5 Las composiciones preferibles proporcionan la supresión de la fase gamma, así como la fase sigma. A pesar de que la presencia de esta fase puede producir un cierto efecto de fragilización, su importancia se refiere notablemente a la dilución del momento magnético. La introducción de zirconio pro
10 duce el efecto de suprimir ambas fases indeseables sigma y gamma. La capacidad de elaboración conveniente, consistente con la economía, se consigue por introducción de zirconio, junto con uno por lo menos de los elementos aluminio, niobio y titanio. Las nuevas composiciones según el invento se definen de
15 ese modo.

Dichos elementos adicionales realizan una primera función de mayor importancia. Producen aleaciones de la clase descrita como dúctil por lo que se pueden estampar a temperatura ambiente piezas como caperuzas o capuchones. Las compo-
20 siciones preferibles del invento se pueden trabajar sin necesidad de atmósfera protectora por lo que, por ejemplo, una composición, que sirve de ejemplo y que contiene aluminio y zirconio, se puede elaborar, según se ha descrito, a temperaturas que no han de exceder de 900°C, realizándose todas las eta-
25 pas de elaboración al aire. Los materiales del invento se elaboran característicamente por: (1) formación de un lingote masivo; (2) laminaciones en caliente en secuencia a temperaturas de 1200°C e inferiores hasta alcanzar un espesor de quizá 5,08 mm; (3) enfriamiento rápido en agua; (4) laminación en frío
30 hasta una reducción en espesor del 50 %; (5) tratamiento tér-

mico de disolución, quizá a 900°C, durante 15 a 90 minutos, para producir un cuerpo de fase simple recristalizado, de grano fino (si la temperatura de disolución es excesiva, v.g., superior a 1100°C la estructura es de fase simple recristalizada pero de grano grueso; si la temperatura de disolución es demasiado baja, v.g., inferior a 850°C, la pieza puede dejar de recristalizarse y contiene también una fase recristalizada, la llamada fase sigma. Una u otra condición hace que la pieza sea tan frágil que la estampación, v.g., en caperuzas embutidas, no se pueda realizar con éxito a temperatura ambiente), (6) enfriamiento rápido (v.g., en salmuera helada); (7) conformación a temperatura ambiente, por ejemplo por estampación (es un importante aspecto del invento que esta fase más crítica pueda realizarse a temperatura ambiente); (8) como fase opcional, cuando se desee, al contrario que con el rectificado necesario para la conformación final de materiales magnéticos, comparables de la tecnología anterior, el material del invento se puede mecanizar a una configuración final; (9) tratamiento térmico (envejecimiento) de la pieza final para producir las propiedades magnéticas deseadas. Los parámetros del tratamiento térmico dependen de la composición precisa y se describen en la Descripción Detallada. Normalmente, se utilizan temperaturas de 550-625°C seguidas de regímenes de enfriamiento del orden de 10-25°C por hora durante tiempos totales del orden de 6 horas. Como en el tratamiento térmico terminal de algunos terminales de la tecnología anterior, el efecto es un endurecimiento de precipitación que en el caso presente se puede caracterizar como una transformación espinodal. Los productos del invento se caracterizan por inclusión de una o más piezas fabricadas de composiciones elaboradas según se describen en la presente

memoria. Un ejemplo es el capuchón del receptor telefónico del microteléfono normal.

5 Como caviación en la elaboración, las fases 2 a 5 se pueden combinar y modificar de modo que el lingote se lamine en caliente comenzando a temperaturas de 1200°C , en se-
cuencia, hasta el espesor final (quizá de 2,5 mm), finalizando con la temperatura de laminación final a la temperatura de
10 tratamiento térmico de disolución (quizá 900°C para la serie A (composiciones quaternarias) y 1050°C para la serie B (composiciones cuaternarias)). De este modo se elimina la fase de laminación en frío.

15 El invento se describe en general con relación a materiales (o procesado o productos) que se caracterizan por la conservación de las propiedades magnéticas descritas a través de una serie de fases de trabajo, de las cuales la final se puede realizar a baja temperatura, incluso a temperatura ambiente, y cuya fase final se puede efectuar en un material que se puede estampar a temperatura ambiente. No obstante, aunque
20 los materiales del invento se caracterizan por poseer dichas propiedades extraordinarias, las consideraciones de tipo económico o de otro tipo pueden determinar su uso en procedimientos, o su inclusión en productos, que aprovechen plenamente todas esas propiedades, por ejemplo, simples cintas u otras formas que no exigen estampación pero que se pueden beneficiar
25 por las mejores propiedades magnéticas o ventajas económicas si se compara con materiales competitivos de la tecnología anterior.

30 La Figura 1, sobre coordenadas de imanación remanente, B_R en gauss, en ordenadas, y coercividad H_C , en Oersteds, en abscisas, es un trazado gráfico del segundo cuadrante de ci

clos de histéresis de una variedad de materiales, algunos de la tecnología anterior, así como una variedad de composiciones según el invento; y

la Figura 2, es una vista en sección transversal de un receptor telefónico que contiene un elemento de configuración de caperuza o capuchón de una composición del invento.

El gráfico de la Fig. 1, que es un gráfico familiar a los diseñadores que trabajan con materiales magnéticos, comprenden tres bandas, cada una definida entre límites máximo y mínimo de ciclos de histéresis, siendo el resultado dicha variación en las propiedades de las bandas de una variedad de diversas variaciones de parámetros, v.g., composición, tratamiento térmico, grado de elaboralidad, etc. La banda 1, definida entre un límite de ciclo máximo 2 y un límite de ciclo mínimo 3, comprende una gama razonablemente ilustrativa de valores que dan por resultado composiciones del invento según se elaboren (con una fase final de conformación que se puede realizar a temperatura ambiente). La banda 4, limitada entre los ciclos 5 y 6, comprenden propiedades magnéticas razonablemente características para las composiciones de Remalloy trabajadas en caliente (que se distinguen de las de fundición). La banda 7, incluida principalmente con fines de referencia, limitada por los ciclos 8 y 9, es representativa de la gama de las aleaciones Alnico de coercividad, imanación remanente y valores de producto energético comparables con las composiciones del invento. La serie Alnico se caracteriza por una coercividad en aumento y en general también producto energético con miembros sucesivos de la serie, por lo que las aleaciones Alnico 5, 4, etc., muestran valores de reducción de dichos parámetros.

La Fig. 2, que es una vista en sección transversal de un receptor normal como el que se encuentra en un microteléfono, consiste en un elemento de capuchón 10 de una composición que proporciona un campo magnético permanente de polarización de corriente continua. El resto de los elementos comprenden un diafragma de aluminio 11, un núcleo 12 de permendur vanadio (2 % vanadio, 49 % cobalto, 49 % hierro), una pieza polar de permalloy (45 % níquel, 55 % hierro), un asiento de diafragma o una aleación de níquel-cromo antimagnética 14, y una bobina de devanado de cobre 15. Cuando una señal de corriente alterna activa la bobina, el campo magnético resultante se superpone sobre el campo de corriente continua creado por el imán de polarización en el espacio de separación entre la pieza polar 13. Esto hace que vibre el núcleo y el diafragma. Para una descripción detallada vease E.E.Mott y R.C. Miner: "The Ring Armature Telephone Receiver" Bell System Technical Journal, volumen 30, 1951, página 110.

El magnetismo es una técnica muy antigua. La terminología, a pesar de ser familiar al experto en la materia, puede que no tenga un significado conciso, puesto que puede variar algo dependiendo del tiempo en que se utilice y la especialidad particular en la que se emplee. Por conveniencia, vamos a exponer a continuación una definición muy breve de la terminología utilizada en esta memoria descriptiva.

Producto energético BH, es el producto de la imanación B en Gauss y el campo de desimanación H en Oerstedts a lo largo de la curva de desimanación, v.g., el segundo cuadrante del ciclo de histéresis.

Producto Energético Máximo, $(BH)_{max}$, es el valor superior del producto de B y H.

Producto Energético eficaz $(BH)_{\text{eff}}$, en el producto de B y H medido en condiciones de funcionamiento de un dispositivo particular de interés. Este producto se representa frecuentemente como la ordenada de origen del segundo cuadrante del ciclo de histéresis y una "línea de carga", v.g., la línea que se inicia en el origen y que se dirige hacia fuera y cuya pendiente depende de la longitud y área de sección transversal del espacio de aire y del imán permanente por lo tanto, los parámetros magnéticos caracterizados en el medio ambiente en el cual se utilizan el material. Para dispositivos como el receptor telefónico de tipo U, dichas líneas de carga se inician en el origen del ciclo de histéresis y se extienden hasta incluir un punto en las proximidades de $B = 4000 \text{ G}$ y $H = -250 \text{ Oe}$. Para este caso, entonces, $(BH)_{\text{eff}} = 4000 \times 250 = 1 \text{ millón G-Oe}$.

Trabajos es un procedimiento por el cual se realiza la conformación preliminar por deformación mecánica. Los procedimientos metalúrgicos típicos que quedan comprendidos dentro de esta categoría son: recalado, estirado, laminación en plano, laminación en rodillos, extrusión. Cuando se hace referencia al grado de trabajo, se entiende el grado de reducción de la dimensión más alterada, v.g., 25 % de deformación por laminación plano comprende una reducción de espesor del 25 %.

Recristalización implica un nuevo desarrollo cristalino que tiene lugar, en general, durante un tratamiento térmico a temperatura elevada de material trabajado en frío, dando por resultado un cambio en la morfología cristalina a partir del estado producido durante la deformación precedente. La recristalización completa es conveniente para una conformación

final máxima pero no es necesaria para cada proceso inventivo aquí expuesto, sino solamente el grado de recristalización necesario para permitir la deformación deseada. De hecho, la recristalización llevada a cabo a temperaturas excesivas durante periodos de tiempo prolongados da por resultado un notable desarrollo del grano y un consiguiente deterioro de una ulterior capacidad de conformación. Una estructura recristalizada de grano fino es en general lo más conveniente para la conformación.

Conformación es el trabajo final que da por resultado la configuración final de la pieza. Puede consistir en una o más fases como, por ejemplo, una fase de embutición profunda, seguido de una fase de estampación. Se ha de distinguir la deformación inicial a partir del lingote que, en muchos casos, adopta la forma de una laminación plana o procedimiento de trefilado. La deformación producida en la conformación es en general rigurosa y compleja si se compara con la laminación o trefilado; el material que se lamina con éxito puede fallar en la conformación. La conformación, o estampación, según el invento, es una operación a baja temperatura que se puede realizar a temperatura ambiente. En casos específicos, comprende la formación de caperuzas o capuchones para receptores telefónicos de piezas troqueladas con un espesor de 2,54 mm. Una prueba aceptable para dicha capacidad de conformación sería una incurvación o doblez satisfactoria en un ángulo de 90° alrededor de un útil con un radio igual que el espesor de la tira. Obsérvese que a pesar de que un importante aspecto del invento comprende la capacidad de conformación a temperatura ambiente, no se deja a un lado la conformación a temperatura elevada.

Se contemplan dos clases de composiciones: serie (A),

5 aquellas consideradas de novedad, y generalmente preferibles, teniendo en cuenta la capacidad de conformación y la economía, y las composiciones de serie (B) que, a pesar de no ser necesariamente de novedad en sí, y no necesariamente óptimas, son interesantes que se puedan utilizar en la conformación con una configuración mecánica deseada, así como por sus propiedades magnéticas.

10 Ambas composiciones de serie (A) y de serie (B) se basan en mezclas de los tres elementos. 26-28 partes en peso de cromo; 15-20 partes en peso de cobalto, el resto hierro hasta alcanzar 100 partes en peso de estos tres elementos. Las composiciones de serie (B) contienen por lo menos 0,1 % en peso basado en las mencionadas 100 partes de por lo menos un elemento adicional del grupo: zirconio, niobio, vanadio, titanio y aluminio. Las composiciones de la serie (A) contienen necesariamente zirconio en la misma cantidad mínima junto con uno por lo menos de los elementos: aluminio, niobio y titanio. Las indicaciones experimentales determinan el mínimo de 0,1 % como la adición práctica menor resultante en una mejora medible importante. En general, se indica un máximo de aproximadamente 1,0 % de cada elemento adicional incluido (de nuevo, cualquiera que sea la serie), por lo que las composiciones de la serie (A) podrían contener, sobre esta base, hasta el 4 % de dichos elementos adicionales. Los máximos indicados no son valores firmes y pueden variar dependiendo de la elaboración. Se ha averiguado que en general se pueden tolerar cantidades de aluminio algo mayores, hasta el 1,5 % sobre la misma base, pero que el titanio, en condiciones de elaboración extremas, puede dar por resultado un cambio observable en la morfología del grano, por lo que para este elemento se indica un máximo pre-

15

20

25

30

ferible de 0,5 %.

La elaboración extrema, definida en la presente memoria como capacidad de conformación en frío, para dar por resultado un dobléz o incurvación de un radio de curvatura que se aproxima al espesor de la chapa, así como la conservación de las propiedades magnéticas, se asegura mejor por una gama de composiciones preferibles que contiene por lo menos 0,5 % en peso de zirconio. Los capuchones de receptores de consecuencia particular desde el punto de vista de invención se forman a partir de chapa de 2,54 mm.

Las composiciones del invento, en común con otras muchas composiciones magnéticas, pueden verse afectadas por constituyentes del ambiente. Un efecto dominante es la fragilidad por nitrógeno que, en casos graves, puede perjudicar notablemente la capacidad de conformación, particularmente a temperaturas inferiores y puede también perjudicar las propiedades magnéticas aun cuando insuficientemente grandes para perjudicar notablemente la capacidad de conformación. La susceptibilidad al nitrógeno se evita virtualmente mediante el empleo de las composiciones preferibles del invento. De este modo, por ejemplo, el empleo de ciertos aditivos o adiciones aditivas permiten realizar al aire toda la secuencia de elaboración. El zirconio, titanio y aluminio son agentes particularmente eficaces para la eliminación de nitrógeno. En operaciones que se realizan en presencia de nitrógeno, puede que sean necesarias cantidades de aditivos mayores que las determinadas por el presente invento, puesto que la formación de nitruros elimina eficazmente el material combinado. Las adiciones mínimas de 0,2 % en lugar de 0,1 %, al menos para uno de los elementos Zr, Ti o Al, cumplen con esta necesidad.

Los materiales aditivos indicados son los requeridos para una buena capacidad de conformación o capacidad de trabajo de acuerdo con las enseñanzas del invento. Otros ciertos aditivos se pueden incluir a propósito con fines perfectamente conocidos; por ejemplo, se pueden incluir manganeso en una cantidad que alcance hasta una parte en peso para ligar el azufre, que de otro modo, da por resultado una fragilidad. Se puede añadir silicio como fundente, de nuevo en pequeña cantidad.

No es un requisito que las composiciones del invento sean químicamente puras. Se pueden tolerar impurezas propias de la elaboración, dependiendo del uso a que se destine dicha aleación, en cantidades que no perjudiquen notablemente la estructura del grano o las propiedades magnéticas. Una limitación adicional sobre las impurezas tiene que ver con el perjuicio de la elaboración en las condiciones indicadas. En general, son aceptables los componentes de grado comercial.

Las etapas de elaboración típicas, junto con las gamas de parámetros, se exponen a continuación. Se permiten ciertas etapas opcionales, a veces indicadas, y a veces conocidas de otro modo por los expertos en la materia. Se pueden tolerar otras ciertas variaciones cuando no se requiera una capacidad de elaboración y propiedades magnéticas maximadas.

Primero se expone un esbozo de elaboración apropiado:

1. Se forma un lingote por una elaboración de tipo tradicional. Para una fabricación a escala industrial, los lingotes suelen ser de 45,4 Kg o más. Normalmente, el lingote se forma por fundición en un horno de inducción. A partir de las corrientes inducidas propias del proceso de fundición se

produce una mezcla adecuada. La sustitución por otros medios de calentamiento pueden exigir agitación mecánica. Es preferible una atmósfera de vacío o neutra. Si la elaboración se realiza al aire, puede que sea necesario un ajuste en la composición según se expone anteriormente en la descripción de las clases de composición.

2. El trabajo en caliente, según se indica, puede realizarse inicialmente a temperaturas superiores a 1200°C , pero finalizando a temperaturas por debajo de unos 1100°C . Una finalidad general a la que se sirve durante este trabajo en caliente es la homogenización y recristalización de la estructura de la pieza de colada para eliminar la "segregación" basta v.g., estructura dendrítica que resulta de un modo característico durante la colada. Para las aleaciones del presente invento y para la capacidad de conformación final a temperatura ambiente, es vital que la fase de trabajo en caliente se realice dentro de los límites de temperatura especificados. Si la temperatura de trabajo en caliente es demasiado baja, se puede producir recristalización o puede que sea incompleta. Además, una segunda fase a baja temperatura, conocida en esta rama de la industria como fase sigma, puede ser que aparezca. Si la temperatura de trabajo en caliente es demasiado elevada se puede producir un desarrollo del grano recristalizado y la probabilidad de contaminación por la atmósfera aumenta. Todas estas condiciones contribuyen a la fragilidad en ulteriores operaciones de trabajo en frío. Para obtener mejores resultados, la temperatura al final de la operación de trabajo en caliente no deberá ser superior a 1200°C ni inferior a 900°C para una aleación de zirconio-aluminio, ni inferior a 1050°C para una aleación de niobio-titanio-zirconio. Todos los límites ex

presados, así como comprendidos, asumen una elaboración típica. En líneas generales, se pueden emplear tiempos del orden que alcanza hasta aproximadamente media hora y reducciones de una cierta dimensión hasta el 50 %. Reduciendo el tiempo o reduciendo las dimensiones, se puede conseguir una cierta reducción en la temperatura mínima permitida para un estado de recristalización dado. Es conveniente, para muchos fines, llevar esta fase por laminación en caliente, puesto que el producto resultante tendrá una configuración adecuada para elaboración ulterior a las configuraciones comprendidas por muchas de las finalidades expuestas. Otros procedimientos de trabajo en caliente, como recalcado, extrusión, estampación, estiramiento, etc, se sustituyen apropiadamente desde el punto de vista de recristalización. Como es lógico no existe necesidad alguna de que dicho trabajo tenga que realizarse en una sola pasada puesto que, de hecho, cabe esperar esta fase de procedimiento exija un cierto número de pasos en secuencia.

3. Enfriamiento rápido: El cuerpo trabajado en caliente se debe reducir a partir de su temperatura final elevada hasta por lo menos 400°C a un régimen de enfriamiento de por lo menos 100°C por segundo. Esto se consigue fácilmente mediante simple enfriamiento en agua empleando los aparatos clásicos.

4. Trabajo en frío: la finalidad del trabajo en frío es producir una estructura de grano fino después de un tratamiento térmico de solubilización (fase 5) que, a su vez, permite la conformación a baja temperatura de la fase 7. Cualquiera que sea el procedimiento del trabajo utilizado, v.g., recalcado, estirado, laminación, etc., es conveniente en general una gama del 30 al 70 % para una buena capacidad de conformación. Fuera de esta gama, un producto intermedio puede ser todavía

suficientemente deformable para cumplir con una necesidad particular de un dispositivo. Así, por ejemplo, para el caso extremo en el cual la fase 7 no exija estampación en modo alguno sino que haya de utilizarse como una simple cinta, por ejemplo, este trabajo en frío podría realizarse en la gama más amplia del 30 % al 90 % o superior. El límite inferior de aproximadamente 30 % está indicado en virtud al hecho de que la menor reducción de dimensión no da por resultado una deformación suficientemente uniforme del producto por lo que la estructura del grano se vuelve carente de homogeneidad después del tratamiento térmico de solubilización.

5. Tratamiento térmico de solubilización: simplemente se trata de un calentamiento a un régimen de temperatura por el cual exista una estructura de fase simple, conocida como fase alfa. Este tratamiento, para las composiciones preferibles del presente invento, puede llevarse a cabo en atmósfera de aire normal, en general, exige tiempo suficiente para elevar la parte interior del cuerpo trabajado a una temperatura mínima y mantenerla durante un periodo adicional de quizá 10 a 15 minutos. Normalmente, dependiendo del tamaño del lingote, el tratamiento térmico de solubilización puede exigir calentamiento por un periodo de 30 minutos y 90 minutos. El punto máximo está determinado por difusión y reacción con nitrógeno. El ataque por nitrógeno, reducido al mínimo para las composiciones preferibles del invento, ha demostrado producir una cierta fragilidad con la consiguiente dificultad de elaboración a dicho nivel. Los cuerpos trabajados en esta etapa tienen quizá un espesor de 2,54 mm y pueden adoptar la forma de un rollo de enrollamiento flojo u otra configuración que reduzca al mínimo la inercia térmica. De esto se desprende

que la sección transversal del cuerpo según sale del trabajo al que se le somete en esta etapa, puede tener un espesor de hasta 25,4 mm sin necesidad de superar el límite crítico de 90 minutos (un espesor de sección transversal muy en exceso al producido ordinariamente por la fase anterior de trabajo en frío y de hecho, mayor que los espesores apropiados para la fase de enfriamiento rápido siguiente).

6. Enfriamiento rápido: Este procedimiento se ha diseñado para conservar la fase "alfa" de elevada temperatura. La cinética de la transformación sugiere un régimen de enfriamiento que es notablemente mayor que el de la etapa 3. A pesar de no ser un requisito, se ha averiguado que es conveniente efectuar el enfriamiento rápido en salmuera helada por lo menos hasta una temperatura de 400°C. Para dimensiones normales en esta etapa, alcanza un régimen de enfriamiento superior a 1000°C por segundo. Los regímenes más lentos particularmente en cuerpos de dimensiones finas, son adecuados para conservar completamente la fase de temperatura elevada. En ciertas circunstancias, cuando la conformación no exija una gran deformación, se permite la existencia de un cuerpo de fases múltiples después del enfriamiento y, de hecho, en ciertas circunstancias, el enfriamiento rápido se puede eliminar totalmente. No obstante, aun en tales circunstancias, se necesitará finalmente un tratamiento de solubilización y un enfriamiento rápido para desarrollar las características de propiedades magnéticas de las composiciones del invento.

7. Conformación: Se ha afirmado que una característica importante de las aleaciones en esta etapa es el que se pueda realizar la conformación a temperatura ambiente. La capacidad de conformación es conveniente para todas salvo las

configuraciones más sencillas y necesarias, por ejemplo, para el capuchón para el receptor ilustrado en la Fig. 2. Dicha conformación a temperatura ambiente constituye una modalidad preferible del invento. Se puede conseguir en diversos procedimientos, por ejemplo, la configuración anular de la Fig. 2 se produce por estampación en troquel progresivo o por estampación en troquel compuesto. Según el procedimiento de estampación progresiva, una configuración plana cambia a una configuración acopada quizá en cuatro etapas, todas ellas realizadas en frío y sin necesidad de tratamiento intermedio. Este es un aspecto comercialmente importante del invento.

Las configuraciones más sencillas que pueden exigir o no el mismo grado de capacidad de conformación, pueden utilizar cualquiera de una variedad de técnicas clásicas, v.g., recalado.

Si las enseñanzas de la invención pudieran expresarse con brevedad, se revolucionaría el hallazgo de la capacidad de conformación en frío. Se ha indicado que se pueden formar elementos magnéticos por estampación para producir formas acopadas que evidencian curvatura con un radio aproximadamente igual al espesor para producir un dobléz de 90° . Como el radio de curvatura permitido se hace mayor para un mayor cambio de dirección, es conveniente escribir la conformación en frío en términos que comprenden estos dos parámetros. Para estas finalidades, es apropiado describir la capacidad de conformación en frío permitiendo un cambio de dirección de 25° a un radio de curvatura igual al espesor del material que se forma, aumentando el radio de una forma lineal con el aumento de cambio de dirección para incluir el valor del radio de curvatura igual a cuatro veces el espesor de un cambio de dirección de

90°.

8. Envejecimiento magnético: El tratamiento térmico final exigido para desarrollar las características magnéticas apropiadas consisten en mantener las muestras a una temperatura normalmente entre 600-640°C durante un periodo de aproximadamente 10 minutos hasta 2 horas. Es normal descender a una temperatura inferior quizá del orden de 500 a 525°C y mantener el material a dicha temperatura por espacio de 1 a 4 horas.

La operación dentro de las condiciones expuestas que sirven de ejemplo, da por resultado propiedades magnéticas útiles en cualquiera de las aleaciones expuestas. Las especificaciones de elaboración para conseguir propiedades adaptadas a un uso final particular se pueden desarrollar fácilmente considerando el mecanismo responsable. El mecanismo es aquel que se puede describir en términos generales como endurecimiento de precipitación (aunque el mecanismo de precipitaciones específicas puede adoptar la forma de una descomposición espino-dal). Es bien sabido que la coercividad, dependiente de la inversión de la pared de dominio, se relaciona, a su vez, con el tamaño y separación del precipitante. La técnica normal, una vez que se han identificado las condiciones pertinentes, comprende el tratamiento a temperatura elevada durante el cual se inicia la precipitación (o descomposición), seguida en general por enfriamiento en las condiciones necesarias para que se controle la precipitación (o descomposición) y se produzca el "endurecimiento" deseado. Los límites de fase y la cinética juegan su papel tradicional y se pueden determinar empíricamente las mejores condiciones. Las propiedades magnéticas apropiadas para una variedad de usos finales se han producido experimentalmente con diversos programas de tratamiento térmico que

comprenden normalmente tratamiento a temperatura elevada en dicha gama de 600 a 640°C, pero a veces con enfriamiento directo a temperatura ambiente, en ocasiones manteniendo el material a una temperatura intermedia. en una variedad de regímenes de enfriamiento.

En general, se obtienen resultados útiles manteniendo el material a una temperatura elevada durante un periodo de por lo menos 10 minutos. Cuando se efectúa un enfriamiento lento, en general se indican regímenes no más rápidos de aproximadamente 50°C por hora, puesto que los regímenes más rápidos fijan esencialmente las condiciones producidas durante el tratamiento a temperatura elevada. A pesar de que son posibles las variaciones, verdaderamente se indican al menos en un ejemplo específico, el enfriamiento se suele efectuar a una temperatura no inferior a unos 500°C. El enfriamiento controlado adicional a regímenes económicamente factibles produce poco efecto debido a la cinética gravemente reducida a temperaturas inferiores. No obstante, se ha averiguado que es útil mantener una temperatura, por ejemplo a 500°C por espacio de una hora o más y dicho programa es un ejemplo de una forma permitida de enfocar el problema. Es innecesario someter el material en tratamiento a un campo magnético externo durante el envejecimiento. No obstante, el empleo de dichos campos magnéticos externos no queda excluido y puede ser útil para ciertas configuraciones.

Los procedimientos realizados en el orden numérico expuesto, constituyen los aspectos normales preferibles del invento. Se ha indicado que se permiten variaciones, y en ocasiones están verdaderamente indicadas por razones económicas; así, por ejemplo, se puede eliminar totalmente el enfriamiento

rápido de la etapa 6. Para muchas finalidades, las etapas o fases cruciales para la elaboración de las aleaciones del invento pueden restringirse a las etapas 1, 2 y 6 a 8. Dicho proceso de elaboración puede ser adecuado cuando las exigencias de conformación (etapa 7) no sean de gran exigencia y, en ciertas circunstancias, pueden ser aun suficientes para la conformación de 90° descrita. Para dicho procedimiento opcional que comprende conformación estricta, es importante que el trabajo en caliente (fase 2) termine a una temperatura determinada para el tratamiento térmico de solubilización de la fase 5 ahora omitida. La finalidad, en este caso, es desarrollar una estructura simple recristalizada de grano fino que es necesaria para la conformación a temperatura ambiente (fase 7). El trabajo en caliente (fase 2), estas circunstancias deberán terminar con una temperatura de aproximadamente 90°C para la aleación de zirconio-aluminio y aproximadamente 1050°C para la aleación de niobio-titanio-zirconio.

Los límites de elaboración amplios expuestos anteriormente tienen aplicación útil a cualquiera de las aleaciones del invento incluidas. Los ejemplos de composición, todos ellos basados en la misma composición ternaria, pero con diversas cantidades y clases de elementos adicionales, se elaboraron en capuchones de receptor (detalle 10 de la Fig. 2). La tabla siguiente expone cuatro de dichas composiciones que indican temperaturas mínimas y máximas de tratamiento térmico de solubilización que permiten la conformación requerida.

T A B L A

(Todas las composiciones: 28 Cr, 15 Co, resto Fe, contienen adicionalmente 0,5 % en peso de Mn y 0,2 % en peso de Si).

TABLA (Continuación)

<u>Porcentajes de Ele</u> <u>mentos Añadidos</u>	<u>Temperatura de Solu</u> <u>ción Mínima</u>	<u>Grados Centígrados</u> <u>Máxima</u>
1 % Nb- 1 % Al	950	1100
3 % V - 0,5 % Ti	1000	1100
1 % V - 1 % Nb	1000	1100
3 % Mo- 1 % Nb	1100	1150

Los ejemplos 1 a 6 ilustran el empleo de una variedad de composiciones según el invento. En cada caso, la muestra se puede utilizar para formar capuchones apropiados para utilizarse en un receptor telefónico según se representa en la Fig. 2. Los ejemplos 4 y 5 comprenden realmente esta fase de conformación.

Ejemplo 1 : La aleación producida es de la composición: 15 partes cobalto, 26,5 partes cromo, 58,5 partes hierro, todo en peso, junto con 0,25 % zirconio, 1,0 % aluminio y 0,5 % manganeso, todo ello en porcentaje en peso basado en 100 partes de compuesto ternario. Las cantidades de materiales iniciales introducidos como elementos totalizaban 90,8 Kg. El lingote se produjo por fundición de inducción al vacío. El análisis reveló un contenido de aproximadamente 0,25 % de silicio como inclusión involuntaria. Otras impurezas totalizaban una cantidad inferior al 1,0 %. Después del desmoldeo y de permitir que el lingote alcanzara la temperatura ambiente al aire, se recalentó a 1200°C y se laminó en caliente aproximadamente en 20 pasadas para dar por resultado un espesor de 5,1 mm. Durante la laminación, la temperatura se redujo a 1100°C aproximadamente. El cuerpo laminado se enfrió rápidamente en agua corriente. La laminación en frío en un laminador de inversión con unas cuatro pasadas dió por resultado una producción de es

pesor de aproximadamente 2,5 mm. El material se recalentó entonces en atmósfera de aire a una temperatura de solubilización de 900°C por espacio de 30 minutos y después se enfrió en salmuera helada. El cuerpo enfriado se envejeció en atmósfera de aire a una temperatura de 620°C y se mantuvo a dicha temperatura por espacio de 30 minutos y después se redujo su temperatura a un ritmo de 25°C por hora hasta alcanzar una temperatura final de 525°C, manteniéndose a dicha temperatura por espacio de cuatro horas y dejándose después enfriar al aire hasta alcanzar la temperatura ambiente. Las propiedades magnéticas eran: $H_C = 450$ Oe, $B_R = 8300$ Gauss, $BH_{eff} = 1,6 \times 10^6$ Gauss-Oersteds.

Ejemplo 2: Se siguió el procedimiento del ejemplo 1, para producir la composición siguiente: 15 partes cobalto, 26,5 partes cromo, 58,5 partes hierro, 1 % niobio, 0,25 % titanio, 0,25 % zirconio y 0,5 % manganeso. El contenido en silicio y otras impurezas fué igual que en el ejemplo 1. La temperatura de solubilización era de 1050°C en lugar de 900°C. El envejecimiento magnético siguió el programa siguiente: 625°C por espacio de 20 minutos, reducción a un regimen de 16°C por hora hasta 540°C, mantenimiento a dicha temperatura por espacio de 4 horas y enfriamiento al aire hasta alcanzar la temperatura ambiente. Las propiedades magnéticas eran: $H_C = 480$ Oe; $B_R = 8700$ G; $BH_{eff} = 1,7 \times 10^6$ Gauss-Oersteds.

Ejemplo 3: El lingote de la aleación del ejemplo 1 se recalentó a 1200°C y se laminó en caliente directamente a 2,5 mm de espesor, en cuyo momento la temperatura era de aproximadamente 900°C. El cuerpo laminado se enfrió rápidamente en agua corriente. Se recalentaron muestras a 620°C e inmediatamente se redujo su temperatura a un ritmo de 11°C por hora

hasta 505°C, manteniéndose a dicha temperatura por espacio de 6 horas y dejándose después enfriar a temperatura ambiente. Las propiedades magnéticas eran: $H_C = 510$ Oe, $B_R = 6800$ G, $BH_{eff} = 1,35 \times 10^6$ Gauss-Oersteds.

5 Ejemplo 4 : Se elaboró la aleación del ejemplo 1, en la forma del ejemplo 1 a 2,5 mm, se enfrió rápidamente en salmuera helada, y se estampó para producir los capuchones necesarios para receptores de teléfonos del tipo U. El cuerpo estampado se envejeció a 620°C por espacio de 10 minutos y después se enfrió a 520°C a un régimen de 25°C por hora. Después del envejecimiento a esta temperatura por espacio de una hora, se redujo la temperatura a 510°C y se mantuvo durante cuatro horas adicionales dejándose después enfriar al aire hasta alcanzar la temperatura ambiente. El capuchón se fabricó utilizándose en un receptor telefónico y la prueba de flujo normal daba una lectura de 6900 maxwells.

10

15

Ejemplo 5 : Se elaboraron las aleaciones del ejemplo 2 en la forma de ejemplo 2 hasta 2,5 mm y en las condiciones obtenidas en un enfriamiento rápido en salmuera se estamparon para producir los capuchones necesarios para los receptores telefónicos del tipo U. El cuerpo estampado se envejeció a 625°C por espacio de 10 minutos y la temperatura se redujo a un régimen de 25°C por hora hasta 525°C. Después del envejecimiento a esta temperatura por espacio de una hora el capuchón se dejó enfriar al aire hasta la temperatura ambiente. El capuchón se utilizó para un receptor telefónico y la prueba de flujo normal dió una lectura de 7300 Maxwells.

20

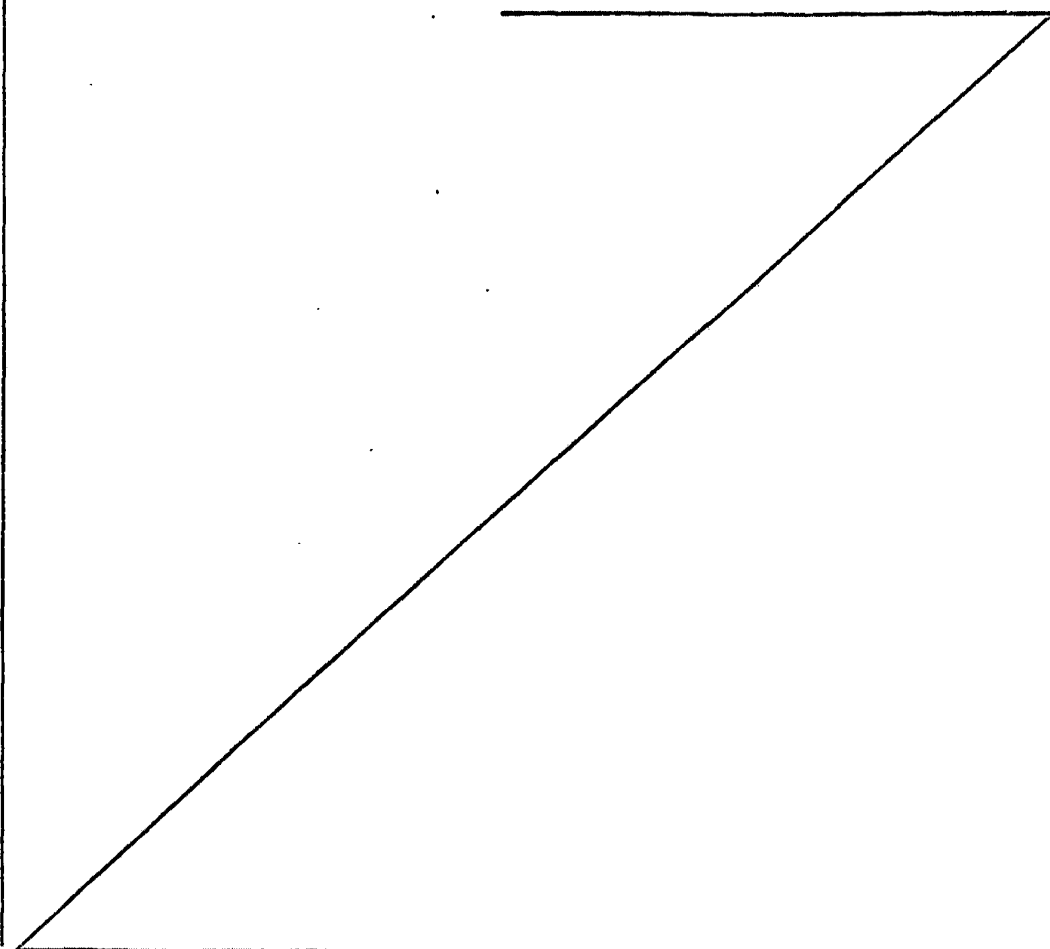
25

Ejemplo 6 : Se siguió el procedimiento del ejemplo 1 para producir la composición siguiente: 15 partes Co, 27 partes Cr, 58 partes hierro, 1 % Nb, 3 % Mo y 0,5 % Mn. El con-

30

tenido en silicio fué igual que el ejemplo 1. Se halló apropiada una temperatura de solubilización de 1100°C. El envejecimiento magnético siguió el programa: 615°C durante 50 minutos, seguido por una reducción de temperatura a 16°C por hora hasta 540°C, manteniéndose a dicha temperatura por espacio de 7 horas y enfriándose al aire hasta alcanzar la temperatura ambiente. Las propiedades magnéticas eran $H_C = 500$ Oersteds, $B_R = 8400$ Gauss, $BH_{eff} = 1,75 \times 10^6$ Gauss-Oersteds.

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.



REIVINDICACIONES

5. 1.- Procedimiento de conformación para producir un elemento magnético, caracterizado porque comprende las etapas de trabajar mecánicamente chapa de una composición que comprende la composición ternaria: cromo 25-30 partes en peso, cobalto 10-20 partes en peso, resto hierro hasta un total de 100 partes en peso; conteniendo además la composición por lo menos 0,1% en peso de al menos un elemento elegido del grupo consistente en zirconio, molibdeno, vanadio, niobio, titanio y aluminio; y conformar en frío para dar por resultado la deformación de la chapa, cuya operación comprende la inflexión para producir un cambio de dirección de por lo menos 30°, teniendo la inflexión un radio de curvatura que alcanza una magnitud por lo menos tan baja como un valor inversamente proporcional al grado de cambio de dirección, no siendo dicha magnitud correspondiente a un cambio de dirección de 30° mayor que un valor igual al espesor de la chapa, y no siendo el radio correspondiente a un cambio de dirección de 90° mayor que un valor cuatro veces superior al espesor de la chapa.
- 10.
- 15.
- 20.

2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque dicha magnitud es aproximadamente igual al doble del espesor de la chapa.

25. 3.- Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque dicha magnitud es aproximadamente igual al espesor de la chapa.

4.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque dicho trabajo comprende embutición de la chapa para producir una inflexión que define una curva continua.

30. 5.- Procedimiento según la reivindicación 4, caracteri-
- 

zado porque dicha inflexión tiene por lo menos un radio de curvatura no superior al espesor de la chapa.

5. 6.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque dicho trabajo va seguido de envejecimiento magnético, cuyo envejecimiento comprende el calentamiento para aumentar la coercividad magnética.

10. 7.- Procedimiento según la reivindicación 6, caracterizado porque el calentamiento comprende mantener la pieza a una temperatura elevada de por lo menos 600°C durante un periodo de por lo menos 10 minutos.

8.- Procedimiento según la reivindicación 6, caracterizado porque el envejecimiento magnético comprende enfriar la pieza a un régimen máximo de 50°C por hora hasta alcanzar una temperatura no superior a unos 500°C.


15. 9.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende una primera fase de trabajo efectuado a una temperatura inicial superior a unos 1200°C.

20. 10.- Procedimiento según la reivindicación 9, caracterizado porque la primera fase de trabajo va seguida por un primer enfriamiento rápido a un régimen de por lo menos 100°C por segundo hasta alcanzar una temperatura de tan solo 400°C o menos.

25. 11.- Procedimiento según la reivindicación 10, caracterizado porque el primer enfriamiento va seguido de trabajo en frío para dar por resultado una reducción en una dimensión de por lo menos 30%.

12.- Procedimiento según la reivindicación 11, caracterizado porque dicho trabajo en frío va seguido de un tratamiento térmico de solubilización que produce un material virtualmente de una sola fase.

30. 13.- Procedimiento según la reivindicación 12, caracte



rizado porque dicho tratamiento térmico de solubilización es un tratamiento de recristalización completa.

5. 14.- Procedimiento según la reivindicación 13, caracterizado porque el tratamiento térmico de solubilización, continúa por espacio de unos 30 minutos a unos 90 minutos.

15.- Procedimiento según la reivindicación 11, caracterizado porque dicho trabajo va precedido por un segundo enfriamiento rápido para conservar virtualmente las condiciones cristalográficas antes del segundo enfriamiento rápido.

10. 16.- Procedimiento según la reivindicación 15, caracterizado porque el segundo enfriamiento rápido va precedido por un tratamiento térmico de solubilización, de modo que las condiciones cristalográficas antes del enfriamiento rápido corresponden a una fase alfa virtualmente pura.

15. 17.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque dicha composición comprende zirconio en una cantidad de por lo menos 0,1% en peso, basado en las citadas 100 partes en peso.

20. 18.- Procedimiento según la reivindicación 17, caracterizado porque la composición contiene por lo menos 0,1% de aluminio sobre la misma base.

19.- Procedimiento según la reivindicación 18, caracterizado porque comprende fundir dicha composición en una atmósfera conteniendo nitrógeno.

25. 20.- Procedimiento según la reivindicación 19, caracterizado porque la atmósfera es aire.

21.- Procedimiento según la reivindicación 17, caracterizado porque cada composición contiene por lo menos 0,1% de niobio y por lo menos 0,1% de titanio sobre la misma base.

30. 22.- Procedimiento según la reivindicación 21, caracte

rizado porque comprende fundir la composición en una atmósfera conteniendo nitrógeno.

23.- Procedimiento según la reivindicación 22, caracterizado porque dicha atmósfera es aire.

5. 24.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la composición contiene por lo menos 0,2% en peso de por lo menos uno de los elementos citados.

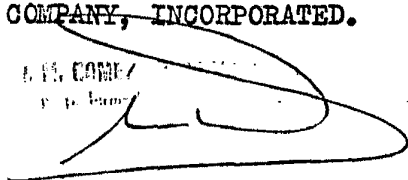
10. 25.- Procedimiento de conformación para producir un elemento magnético, tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria y en los dibujos adjuntos.

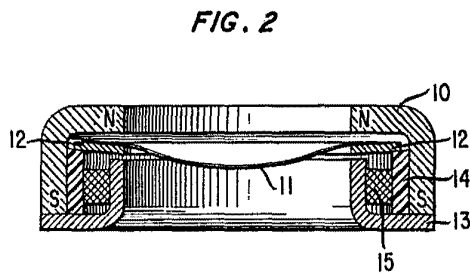
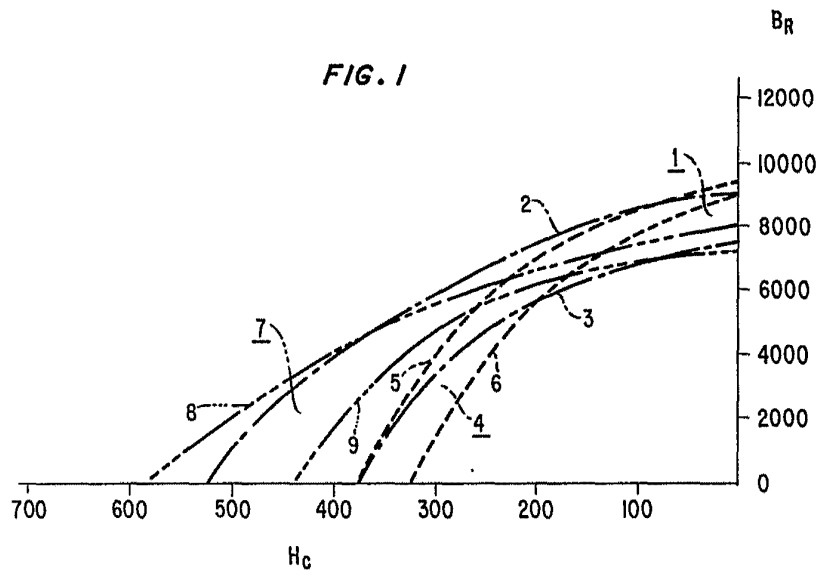
Esta Memoria consta de treinta y una hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 13 FEB. 1978

WESTERN ELECTRIC COMPANY, INCORPORATED.

A. M. COMEZ
p. p. Com. /





28 NOV. 1977