

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 423 058**

51 Int. Cl.:

C22C 33/02 (2006.01)

B22F 9/08 (2006.01)

C22C 38/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.03.2010 E 10753770 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.05.2013 EP 2408943**

54 Título: **Aleación de polvo de hierro y vanadio**

30 Prioridad:

20.03.2009 SE 0950180
20.03.2009 US 161838 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.09.2013

73 Titular/es:

HÖGANÄS AB (PUBL) (100.0%)
263 83 Höganäs, SE

72 Inventor/es:

BENGTSSON, SVEN

74 Agente/Representante:

ES 2 423 058 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Aleación de polvo de hierro y vanadio

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a polvo que contiene vanadio a base de hierro que está esencialmente libre de cromo, molibdeno y níquel, así como a una composición de polvo que contiene el polvo y otros aditivos, y a un componente forjado de polvo preparado a partir de la composición de polvo. El polvo y la composición de polvo se diseñan para una producción económica de piezas sinterizadas de polvo y alternativamente forjadas.

Antecedentes de la invención

10 En las industrias, el uso de fabricación de productos metálicos mediante compactación y sinterización de composiciones de polvo metálico está volviéndose cada vez más extendido. Están produciéndose varios productos diferentes de forma y grosor variables y los requisitos de calidad están aumentándose continuamente al mismo tiempo que se desea reducir el coste. Dado que se obtienen componentes de forma final, o componentes de forma similar a la final que requieren un mínimo de mecanizado con el fin de alcanzar la forma acabada, mediante prensado y sinterización de composiciones de polvo de hierro en combinación con un alto grado de uso de material, esta
15 técnica tiene una gran ventaja con respecto a técnicas convencionales para conformar piezas metálicas tales como moldeo o mecanizado a partir de material en barras o piezas forjadas.

Sin embargo, un problema relacionado con el método de prensado y sinterización es que el componente sinterizado contiene una determinada cantidad de poros que reducen la resistencia del componente. Básicamente, hay dos maneras de superar el efecto negativo sobre las propiedades mecánicas provocado por la porosidad del componente.
20 1) La resistencia del componente sinterizado puede aumentarse introduciendo elementos de aleación tales como carbono, cobre, níquel, molibdeno, etc. 2) La porosidad del componente sinterizado puede reducirse aumentando la compresibilidad de la composición de polvo, y/o aumentando la presión de compactación para obtener una densidad en crudo superior, o aumentando la contracción del componente durante la sinterización. En la práctica, se aplica una combinación de aumento de la resistencia del componente mediante adición de elementos de aleación y mini-
25 mización de la porosidad.

El cromo sirve para aumentar la resistencia de la matriz mediante endurecimiento por disolución sólida, aumento de la templabilidad, resistencia a la oxidación y resistencia a la abrasión de un cuerpo sinterizado. Sin embargo, los polvos de hierro que contienen cromo pueden ser difíciles de sinterizar, ya que con frecuencia requieren una alta temperatura y atmósferas muy bien controladas.

30 La presente invención se refiere a una aleación que excluye cromo, es decir que no tiene un contenido intencionado de cromo. Esto da como resultado requisitos menores sobre el equipo de horno de sinterización y el control de la atmósfera en comparación con cuando se sinterizan materiales que contienen cromo.

El forjado de polvo incluye una rápida densificación de una preforma sinterizada usando un golpe de forjado. El resultado es una pieza de forma final completamente densa, o pieza de forma similar a la final, adecuada para aplicaciones de alto rendimiento. Normalmente, se han fabricado artículos forjados de polvo a partir de polvo de hierro
35 mezclado con cobre y grafito. Otros tipos de materiales sugeridos incluyen polvo de hierro prealeado con níquel y molibdeno y pequeñas cantidades de manganeso para potenciar la templabilidad del hierro sin desarrollar óxidos estables. También se añaden comúnmente agentes potenciadores de la capacidad de mecanización tales como MnS.

40 El carbono en el componente acabado aumentará la resistencia y dureza. El cobre se funde antes de alcanzar la temperatura de sinterización aumentando así la tasa de difusión y promoviendo la formación de cuellos de sinterización. La adición de cobre mejorará la resistencia, dureza y templabilidad.

Se han producido satisfactoriamente bielas para motores de combustión interna mediante la técnica de forjado de polvo. Cuando se producen bielas usando forjado de polvo, habitualmente se somete el extremo grande del componente compactado y sinterizado a una operación de división por fractura. Se mecanizan orificios y roscas para los
45 pernos del extremo grande. Una propiedad esencial para una biela en un motor de combustión interna es un alto límite de resistencia a la compresión ya que tal biela se somete a cargas de compresión tres veces superiores a las cargas de tracción. Otra propiedad esencial del material es una capacidad de mecanización apropiada ya que tienen que mecanizarse orificios y roscas con el fin de conectar los extremos grandes divididos tras el montaje. Sin embargo, la fabricación de bielas es una aplicación de alto volumen y sensible al precio con requisitos estrictos de rendimiento, diseño y durabilidad. Por tanto, son altamente deseables materiales o procedimientos que proporcionen menores costes.
50

Los documentos US 3.901.661, US 4.069.044, US 4.266.974, US 5.605.559, US 6.348.080 y WO 03/106079 describen polvos que contienen molibdeno. Cuando se usa un polvo prealeado con molibdeno para producir piezas prensadas y sinterizadas, se forma bainita fácilmente en la pieza sinterizada. En particular, cuando se usan polvos que
55 tienen bajos contenidos de molibdeno, la bainita formada es gruesa afectando a la capacidad de mecanización, lo

que puede ser problemático en particular para bielas en las que es deseable una buena capacidad de mecanización. Además el molibdeno es muy caro como elemento de aleación.

5 En el documento US 5.605.559 se ha obtenido una microestructura de perlita fina con un polvo aleado con Mo manteniendo el contenido de Mn muy bajo. Sin embargo, mantener el contenido de Mn bajo puede ser caro, en particular cuando se usa chatarra de acero económica en la producción, ya que la chatarra de acero con frecuencia contiene Mn en un 0,1% en peso y más. Además, el Mo es un elemento de aleación caro. Por tanto, el polvo producido será por consiguiente comparativamente caro, debido al bajo contenido de Mn y al coste del Mo.

10 Los documentos US 2003/0033904, US 2003/0196511 y US2006/086204 describen polvos útiles para la producción de bielas forjadas de polvo. Los polvos contienen polvos a base de hierro prealeados, que contienen manganeso y azufre, mezclados con polvo de cobre y grafito. El documento US 2006/086204 describe una biela fabricada a partir de una mezcla de polvo de hierro, grafito, sulfuro de manganeso y polvo de cobre. El valor de límite de resistencia a la compresión más alto, 775 MPa, se obtuvo para un material que tenía el 3% en peso de Cu y el 0,7% en peso de grafito. El valor correspondiente para la dureza fue de 34,7 HRC, que corresponde a aproximadamente 340 HV1. Una reducción de los contenidos de cobre y carbono también conducirá a una reducción del límite de resistencia a la compresión y la dureza.

15 El documento US 5.571.305 describe un polvo que tiene una capacidad de mecanización excelente. Se usan activamente azufre y cromo como elementos de aleación.

Objetos de la invención

20 Un objeto de la invención es proporcionar un polvo que contiene vanadio a base de hierro aleado, que está esencialmente libre de cromo, molibdeno y níquel, y que es adecuado para producir componentes según se sinterizan y opcionalmente forjados de polvo tales como bielas.

25 Otro objeto de la invención es proporcionar un polvo que puede formar componentes forjados de polvo que tienen un alto límite de deformación por compresión, CYS, en combinación con una dureza de Vickers relativamente baja, permitiendo mecanizar fácilmente la pieza según se sinteriza y opcionalmente forjada de polvo y todavía ser lo suficientemente resistente. Se desea una razón CYS/dureza (HV1) superior a 2,25, preferiblemente superior a 2,30, mientras se tiene un valor de CYS de al menos 830 MPa y una dureza HV1 de como máximo 420.

Otro objeto de la invención es proporcionar una pieza sinterizada de polvo y alternativamente forjada, preferiblemente una biela, que tiene las propiedades mencionadas anteriormente.

Sumario de la invención

30 Al menos uno de estos objetos se logra mediante:

- Un polvo de acero poco aleado pulverizado con agua que comprende en % en peso: el 0,05-0,4 de V, el 0,09-0,3 de Mn, menos del 0,1 de Cr, menos del 0,1 de Mo, menos del 0,1 de Ni, menos del 0,2 de Cu, menos del 0,1 de C, menos del 0,25 de O, menos del 0,5 de impurezas inevitables, siendo el resto hierro.

35 - Una composición de polvo de acero a base de hierro basada en el polvo de acero que tiene, en % en peso de la composición: el 0,35-1 de C en forma de grafito, y opcionalmente el 0,05-2 de lubricante y/o el 1,5-4 de Cu en forma de polvo de cobre, y/o el 1-4 de Ni en forma de polvo de níquel; y opcionalmente materiales de fase dura y agentes potenciadores de la capacidad de mecanización.

- Un método para producir un componente sinterizado y opcionalmente forjado de polvo que comprende las etapas de:

40 a) preparar una composición de polvo de acero a base de hierro de la composición anterior,

b) someter la composición a compactación a entre 400 y 2000 MPa para producir un componente crudo,

c) sinterizar el componente crudo obtenido en una atmósfera reductora a una temperatura de entre 1.000-1.400°C, y

d) opcionalmente forjar el componente calentado a una temperatura superior a 500°C, o someter el componente sinterizado obtenido a tratamiento térmico.

45 - Un componente preparado a partir de la composición.

El polvo de acero tiene contenidos bajos y definidos de manganeso y vanadio y está esencialmente libre de cromo, molibdeno y níquel y se ha mostrado que puede proporcionar un componente que tiene una razón de límite de deformación por compresión frente a dureza superior a 2,25, mientras que tiene un valor de CYS de al menos 830 MPa y una dureza HV1 de como máximo 420.

50

Descripción detallada de la invención

Preparación del polvo de acero aleado a base de hierro.

El polvo de acero se produce mediante pulverización con agua de una masa fundida de acero que contiene cantidades definidas de elementos de aleación. El polvo pulverizado se somete adicionalmente a un procedimiento de reducción-recocido tal como se describe en la patente estadounidense 6.027.544. El tamaño de partícula del polvo de
5 acero puede ser cualquier tamaño siempre que sea compatible con los procedimientos de prensado y sinterización o forjado de polvo. Ejemplos de tamaño de partícula adecuado es el tamaño de partícula del polvo conocido ABC100.30 disponible de Höganäs AB, Suecia, que tiene aproximadamente el 10% en peso por encima de 150 μm y aproximadamente el 20% en peso por debajo de 45 μm .

Contenidos del polvo de acero

El manganeso, como el cromo, aumentará la resistencia, dureza y templabilidad del polvo de acero. Además, si el contenido de manganeso es demasiado bajo, no es posible usar chatarra reciclada económica, a menos que se lleve a cabo un tratamiento específico para la reducción durante el transcurso de la fabricación del acero, lo que aumenta los costes. Además, el manganeso puede reaccionar con algo del oxígeno presente, reduciendo así
15 cualquier formación de óxidos de vanadio. Por tanto, el contenido de manganeso no debe ser inferior al 0,09% en peso, preferiblemente no inferior al 0,1% en peso. Un contenido de manganeso superior al 0,3% en peso puede aumentar la formación de inclusión que contiene manganeso en el polvo de acero y también puede tener un efecto negativo sobre la compresibilidad debido a endurecimiento por disolución sólida y aumento de la dureza de ferrita, preferiblemente el contenido de manganeso es de como máximo el 0,20% en peso, más preferiblemente de como
20 máximo el 0,15%.

El vanadio aumenta la resistencia mediante endurecimiento por precipitación. El vanadio también tiene un efecto de refinado del tamaño de grano y se cree en este contexto que contribuye a la formación de la microestructura perlítica/ferrítica de grano fino deseable. A contenidos de vanadio superiores, el tamaño de precipitados de nitruro y carburo de vanadio aumenta, afectando así a las características del polvo. Además, un contenido de vanadio superior
25 facilita la captación de oxígeno, aumentando así el nivel de oxígeno en un componente producido mediante el polvo. Por estos motivos el vanadio debe ser de como máximo el 0,4% en peso. Un contenido inferior al 0,05% en peso tendrá un efecto insignificante sobre las propiedades deseadas. Por tanto, el contenido de vanadio debe ser de entre el 0,05% y el 0,4% en peso, preferiblemente entre el 0,1% y el 0,35% en peso, más preferiblemente entre el 0,25 y el 0,35% en peso.

El contenido de oxígeno es de como máximo el 0,25% en peso, un contenido demasiado alto de óxidos afecta a la resistencia del componente sinterizado y opcionalmente forjado, y afecta a la compresibilidad del polvo. Por estos motivos, el oxígeno es preferiblemente de como máximo el 0,18% en peso.

El níquel debe ser de menos del 0,1% en peso, preferiblemente menos del 0,05% en peso, más preferiblemente menos del 0,03% en peso. El cobre debe ser de menos del 0,2% en peso, preferiblemente menos del 0,15% en peso, más preferiblemente menos del 0,1% en peso. El cromo debe ser de menos del 0,1% en peso, preferiblemente menos del 0,05% en peso, más preferiblemente menos del 0,03% en peso. Para evitar que se forme bainita así como para mantener los costes bajos, dado que el molibdeno es un elemento de aleación muy caro, el molibdeno debe ser de menos del 0,1% en peso, preferiblemente menos del 0,05% en peso, más preferiblemente menos del 0,03%
35 en peso. No se necesita ninguno de estos elementos (Ni, Cu, Cr, Mo) pero pueden tolerarse por debajo de los niveles mencionados anteriormente.

El carbono en el polvo de acero debe ser de como máximo el 0,1% en peso, preferiblemente menos del 0,05% en peso, más preferiblemente menos del 0,02% en peso, lo más preferiblemente menos del 0,01% en peso, y el nitrógeno debe ser de como máximo el 0,1% en peso, preferiblemente menos del 0,05% en peso, más preferiblemente menos del 0,02% en peso, lo más preferiblemente menos del 0,01% en peso. Contenidos de carbono y nitrógeno
45 superiores reducirán de manera inaceptable la compresibilidad del polvo.

Además de los elementos mencionados anteriormente, la cantidad total de impurezas inevitables tales como fósforo, silicio, aluminio, azufre y similares debe ser de menos del 0,5% en peso con el fin de no deteriorar la compresibilidad del polvo de acero o actuar como formadores de inclusiones perjudiciales, preferiblemente menos del 0,3% en peso. Entre las impurezas inevitables, el azufre debe ser de menos del 0,05%, preferiblemente menos del 0,03% y lo más preferiblemente menos del 0,02% en peso, dado que puede formar FeS que alterará el punto de fusión del acero y por tanto afectará al procedimiento de forjado. Además, se sabe que el azufre estabiliza el grafito libre en acero, lo que influirá sobre la estructura ferrítica/perlítica del componente sinterizado. Otras impurezas inevitables deben ser cada una de menos del 0,10%, preferiblemente menos del 0,05% y lo más preferiblemente menos del 0,03% en peso, con el fin de no deteriorar la compresibilidad del polvo de acero o actuar como formadores de inclusiones perju-
55 diciales.

Composición de polvo

Antes de la compactación, se mezcla el polvo de acero a base de hierro con grafito, y opcionalmente con polvo de cobre y/o lubricantes y/o polvo de níquel, y opcionalmente con materiales de fase dura y agentes potenciadores de la capacidad de mecanización.

- 5 Con el fin de potenciar la resistencia y dureza del componente sinterizado, se introduce carbono en la matriz. Se añade carbono, C, como grafito en una cantidad de entre el 0,35-1,0% en peso de la composición, preferiblemente del 0,5-0,8% en peso. Una cantidad de menos del 0,35% en peso de C dará como resultado una resistencia demasiado baja y una cantidad superior al 1,0% en peso de C dará como resultado una formación excesiva de carburos provocando una dureza demasiado alta y afectando a las propiedades de capacidad de mecanización. Por el mismo motivo, la cantidad de grafito añadida preferida es del 0,5-0,8% en peso. Si, tras la sinterización o el forjado, debe someterse el componente a tratamiento térmico según un procedimiento de tratamiento térmico que incluye carburización; la cantidad de grafito añadido puede ser de menos del 0,35%.

- 15 Se añaden lubricantes a la composición con el fin de facilitar la compactación y la expulsión del componente compactado. La adición de menos del 0,05% en peso de la composición de lubricantes tendrá un efecto insignificante y la adición de más del 2% en peso de la composición dará como resultado una densidad demasiado baja del cuerpo compactado. Pueden elegirse lubricantes del grupo de estearatos de metales, ceras, ácidos grasos y derivados de los mismos, oligómeros, polímeros y otras sustancias orgánicas que tienen efecto lubricante.

- 20 El cobre, Cu, es un elemento de aleación comúnmente usado en la técnica pulvimetalúrgica. El Cu potenciará la resistencia y la dureza mediante endurecimiento por disolución sólida. El Cu también facilitará la formación de cuellos de sinterización durante la sinterización, ya que el cobre se funde antes de alcanzar la temperatura de sinterización proporcionando la denominada sinterización en fase líquida que es más rápida que la sinterización en estado sólido. Preferiblemente, se mezcla el polvo con Cu o se une mediante difusión con Cu, preferiblemente en una cantidad del 1,5-4% en peso de Cu, más preferiblemente la cantidad de Cu es del 2,5-3,5% en peso.

- 25 El níquel, Ni, es un elemento de aleación comúnmente usado en la técnica pulvimetalúrgica. El Ni aumenta la resistencia y la dureza al tiempo que proporciona buena ductilidad. Al contrario que el cobre, los polvos de níquel no se funden durante la sinterización. Este hecho hace que sea necesario usar partículas más finas cuando se mezclan, ya que polvos más finos permiten una mejor distribución mediante difusión en estado sólido. El polvo puede mezclarse opcionalmente con Ni o unirse mediante difusión con Ni, en tales casos preferiblemente en una cantidad del 1-4% en peso de Ni. Sin embargo, dado que el níquel es un elemento caro, especialmente en forma de polvo fino, en la realización preferida de la invención el polvo no se mezcla con Ni ni se une mediante difusión con Ni.

- 30 Pueden añadirse otras sustancias tales como materiales de fase dura y agentes potenciadores de la capacidad de mecanización, tales como MnS, MoS₂, CaF₂, diferentes clases de minerales etc.

Sinterización

- 35 Se transfiere la composición de polvo a base de hierro a un molde y se somete a una presión de compactación de aproximadamente 400-2000 MPa hasta una densidad en crudo superior a aproximadamente 6,75 g/cm³. Se somete adicionalmente el componente crudo obtenido a sinterización en una atmósfera reductora a una temperatura de aproximadamente 1000-1400°C, preferiblemente entre aproximadamente 1100-1300°C.

Tratamientos tras la sinterización

- 40 El componente sinterizado puede someterse a una operación de forjado con el fin de alcanzar su densidad completa. La operación de forjado puede realizarse o bien directamente tras la operación de sinterización cuando la temperatura del componente es de aproximadamente 500-1400°C, o bien tras el enfriamiento del componente sinterizado, entonces vuelve a calentarse el componente enfriado hasta una temperatura de aproximadamente 500-1400°C antes de la operación de forjado.

- 45 El componente sinterizado o forjado también puede someterse a un procedimiento de endurecimiento, para obtener la microestructura deseada, mediante tratamiento térmico y mediante velocidad de enfriamiento controlada. El procedimiento de endurecimiento puede incluir procedimientos conocidos tales como endurecimiento superficial, nitruración, endurecimiento por inducción, y similares. En el caso de que el tratamiento térmico incluya carburación, la cantidad de grafito añadido puede ser de menos del 0,35%.

- 50 Pueden usarse otros tipos de tratamientos tras la sinterización tales como laminación de superficie o granallado, que introduce deformaciones residuales por compresión potenciando la resistencia a la fatiga.

Propiedades del componente acabado

Al contrario que la estructura ferrítica/perlítica obtenida cuando se sinterizan componentes basados en los sistemas de hierro-cobre-carbono comúnmente usados en la industria PM, y especialmente para el forjado de

polvo, el polvo de acero aleado según la presente invención está diseñado para obtener una estructura ferrítica/perlítica más fina.

5 Sin desear limitarse a ninguna teoría específica, se cree que esta estructura ferrítica/perlítica más fina contribuye a un límite de resistencia a la compresión superior, en comparación con materiales obtenidos a partir de un sistema de
 10 hierro/cobre/carbono, al mismo nivel de dureza. La demanda de límite de resistencia a la compresión mejorado es especialmente pronunciada para bielas, tales como bielas forjadas de polvo. Al mismo tiempo será posible mecanizar los materiales de biela de una manera económica, por tanto la dureza del material debe ser relativamente baja. La presente invención proporciona un nuevo material poco aleado que tiene un alto límite de resistencia a la compresión, en combinación con un valor de dureza bajo que da como resultado una razón CYS/HV1 superior a 2,25, mientras que tiene un valor de CYS de al menos 830 MPa y una dureza HV1 de como máximo 420.

Además, un contenido de oxígeno demasiado alto en el componente no es deseable ya que tendrá un impacto negativo sobre las propiedades mecánicas. Por tanto, se prefiere tener un contenido de oxígeno inferior al 0,1% en peso.

Ejemplos

15 Se produjeron polvos de acero a base de hierro prealeados mediante pulverización con agua de masas fundidas de acero. Se recocieron adicionalmente los polvos sin tratar obtenidos en una atmósfera reductora seguido por un procedimiento de molienda suave con el fin de disgregar la torta de polvo sinterizado. Los tamaños de partícula de los polvos fueron inferiores a 150 μ m. La tabla 1 muestra las composiciones químicas de los diferentes polvos.

Tabla 1

20

Polvo	Mn [% en peso]	V [% en peso]	C [% en peso]	O [% en peso]	N [% en peso]	S [% en peso]
A	0,09	0,14	0,004	0,11	0,006	0,001
B	0,11	0,05	0,003	0,13	0,001	0,003
C	0,13	0,20	0,004	0,18	0,002	0,004
D	0,09	0,46	0,002	0,19	0,002	0,001
F	0,12	0,28	0,005	0,20	0,007	0,003
G	0,17	0,20	0,004	0,17	0,003	0,004
Ref.	<0,01	<0,01	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.

La tabla 1 muestra la composición química de los polvos de acero.

25 Se mezclaron los polvos de acero obtenidos A-G con grafito UF4, de Kropfmühl, según las cantidades especificadas en la tabla 2, y el 0,8% en peso de cera de amida PM, disponible de Höganäs AB, Suecia. Se añadió polvo de cobre Cu-165 de A Cu Powder, EE.UU., según las cantidades especificadas en la tabla 2.

Como referencia se preparó una composición de hierro-cobre-carbono, basada en el polvo de hierro ASC100.29, disponible de Höganäs AB, Suecia, y las mismas cantidades de grafito y cobre según las cantidades especificadas en la tabla 2. Además, se añadió el 0,8% en peso de cera de amida PM, disponible de Höganäs AB, Suecia, a la ref. 1, ref. 2 y ref. 3, respectivamente.

30 Se transfirieron las composiciones de polvo obtenidas a un molde y se compactaron para formar componentes crudos a una presión de compactación de 490 MPa. Se colocaron los componentes crudos compactados en un horno a una temperatura de 1120°C en una atmósfera reductora durante aproximadamente 40 minutos. Se sacaron los componentes sinterizados y calentados del horno y posteriormente se forjaron inmediatamente en una cavidad cerrada hasta su densidad completa. Tras el procedimiento de forjado, se dejaron enfriar los componentes al aire a temperatura ambiente.

35 Se mecanizaron los componentes forjados para dar muestras de límite de resistencia a la compresión según la norma ASTM E9-89c y se sometieron a prueba con respecto al límite de resistencia a la compresión, CYS, según la norma ASTM E9-89c.

Se sometió a prueba la dureza, HV1, en los mismos componentes según la norma EN ISO 6507-1 y se realizaron análisis químicos con respecto al cobre, carbono y oxígeno con las muestras de límite de resistencia a la compresión.

- 5 La siguiente tabla 2 muestra las cantidades de grafito añadidas a la composición antes de producir las muestras de prueba. También muestra los análisis químicos para C, Cu y O de las muestras de prueba. La cantidad de Cu analizado de las muestras de prueba corresponde a la cantidad de polvo de Cu mezclado en la composición. La tabla también muestra los resultados de las pruebas de CYS y dureza para las muestras.

Tabla 2

Composición de polvo	Grafito añadido [% en peso]	Cu [% en peso]	C [% en peso]	O [% en peso]	CYS [MPa]	Dureza, HV1	Razón CYS / HV1
A1	0,6	3,0	0,5	0,02	891	374	2,38
A2	0,7	3,0	0,6	0,02	938	401	2,34
B1	0,6	3,0	0,5	0,05	700	266	2,63
B2	0,7	3,0	0,6	0,05	850	371	2,29
C1	0,6	3,0	0,5	0,03	900	355	2,53
C2	0,7	3,0	0,6	0,03	950	380	2,50
D1	0,6	3,0	0,5	0,14	N.A.	N.A.	N.A.
D2	0,7	3,0	0,6	0,12	N.A.	N.A.	N.A.
F1	0,6	3,0	0,5	0,04	1030	338	3,04
F2	0,7	3,0	0,6	0,06	1080	359	3,00
G1	0,6	3,0	0,5	0,07	872	368	2,37
G2	0,7	3,0	0,6	0,08	940	399	2,36
Ref. 1	0,6	2,0	0,5	0,01	627	244	2,57
Ref. 2	0,6	3,0	0,5	0,02	730	290	2,51
Ref. 3	0,7	3,0	0,6	0,01	775	375	2,06

10

La tabla 2 muestra la cantidad de grafito añadido, y el contenido de C y Cu analizado de las muestras producidas así como los resultados de las pruebas de CYS y dureza.

- 15 Muestras preparadas a partir de todas las composiciones de A1 a F2, excepto B1 y ref. 1-3, proporcionaron un valor de CYS suficiente, superior a 830 MPa, en combinación con una razón CYS/HV1 superior a 2,25 y una dureza HV1 de menos de 420. B1 con el 0,6% en peso de grafito añadido no proporcionó un valor de CYS suficiente. Sin embargo, cuando se aumentó la cantidad de grafito añadido hasta el 0,7% en peso, el valor de CYS se vuelve superior a 830 MPa, mientras que la razón CYS/HV1 alcanza el objetivo más amplio (2,25) pero se vuelve inferior a la razón preferida (2,30). Por tanto, puede concluirse que el límite inferior de contenido de vanadio está en algún punto cerca del 0,05% en peso. Sin embargo, se prefiere tener un contenido de vanadio superior al 0,1% en peso.

- 20 Para las muestras D1 y D2, la cantidad de oxígeno en las muestras acabadas es superior al 0,1% en peso, lo que no es deseable ya que niveles de oxígeno altos pueden alterar las propiedades mecánicas. Se cree que esto lo provoca el contenido de vanadio superior al 0,4% en peso ya que el vanadio tiene una alta afinidad por el oxígeno. Por tanto, no son deseables contenidos de vanadio superiores al 0,4% en peso.

Tal como puede observarse en la tabla, las muestras F1 y F2 muestran resultados muy buenos.

Las muestras G1 y G2 demuestran que aunque un contenido del 0,17% en peso de manganeso proporciona resultados aceptables, es preferible mantener el nivel inferior al 0,15% en peso, como en las muestras C1 y C2, para las que los resultados son mejores.

- 5 Las muestras preparadas a partir de las composiciones ref. 1-3 muestran un límite de deformación por compresión demasiado bajo, a pesar de un contenido de carbono y cobre relativo alto. Un aumento adicional de carbono y cobre puede proporcionar un límite de deformación por compresión suficiente, pero la dureza se volverá demasiado alta, reduciendo por tanto adicionalmente la razón CYS/HV1.

- 10 En otro ejemplo, se mezclaron composiciones de polvo basadas en polvo A y el polvo de referencia, ambos de la tabla 1, con grafito UF4, de Kropfmühl, el 0,8% en peso de cera de amida PM, disponible de Höganäs AB, Suecia y opcionalmente polvo de cobre Cu-165 de A Cu Powder, EE.UU. según las cantidades especificadas en la tabla 3. El polvo de referencia de la tabla 1 es el polvo de hierro ASC100.29, disponible de Höganäs AB, Suecia. Las composiciones A3, A4, ref. 4, y ref. 5 fueron sin adición de polvo de cobre y las composiciones A5, A6, ref. 6 y ref. 7 se mezclaron con el 2% en peso de polvo de cobre.

Tabla 3

15

Composición de polvo	Grafito añadido [% en peso]	Cu añadido [% en peso]	UTS [MPa]	YS [MPa]
A3	0,5		415	324
A4	0,8		514	396
A5	0,5	2,0	558	462
A6	0,8	2,0	660	559
Ref. 4	0,5		340	215
Ref. 5	0,8		425	270
Ref. 6	0,5	2,0	494	375
Ref. 7	0,8	2,0	570	470

Se transfirieron las composiciones de polvo obtenidas a un molde y se compactaron para formar componentes crudos a una presión de compactación de 600 MPa. Se colocaron los componentes crudos compactados en un horno a una temperatura de 1120°C en una atmósfera reductora durante aproximadamente 30 minutos.

- 20 Se prepararon muestras de prueba según la norma SS-EN ISO 2740, que se sometieron a prueba según la norma SS-EN 1002-1 para determinar la resistencia a la rotura por tracción (UTS) y la resistencia al estiramiento (YS).

- 25 Cuando se comparan los resultados para ref. 4 y ref. 6, puede observarse que el YS es 160 MPa superior para ref. 6 en comparación con ref. 4, lo que corresponde a 80 MPa por % de Cu añadido. Si se comparan A3 y ref. 4, puede observarse que el YS es 109 MPa superior para A3 en comparación con ref. 4, lo que corresponde a aproximadamente 80 MPa por un 0,1% en peso de V añadido. Este fuerte efecto de la adición de V es inesperado. Además, también es cierto para mezclas de polvo con un contenido de carbono superior (A4/ref. 5) y para mezclas tanto con cobre como con carbono (A5/ref. 6 y A6/ref. 7).

REIVINDICACIONES

1. Polvo de acero a base de hierro prealeado pulverizado con agua que comprende en % en peso:
 el 0,05-0,4 de V,
 el 0,09-0,3 de Mn,
 5 menos del 0,1 de Cr,
 menos del 0,1 de Mo,
 menos del 0,1 de Ni,
 menos del 0,2 de Cu,
 menos del 0,1 de C,
 10 menos del 0,25 de O,
 menos del 0,5 de impurezas inevitables,
 siendo el resto hierro.
2. Polvo según la reivindicación 1, en el que el contenido de V está dentro del intervalo del 0,1-0,35.
3. Polvo según la reivindicación 2, en el que el contenido de V está dentro del intervalo del 0,2-0,35.
- 15 4. Polvo según una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que el contenido de Mn dentro del intervalo del 0,09-0,2% en peso.
5. Polvo según una cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en el que el contenido de S es de menos del menos del 0,05% en peso.
- 20 6. Polvo según una cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en el que el contenido de Cr es de menos del 0,05% en peso, el contenido de Ni es de menos del 0,05% en peso, el contenido de Mo es de menos del 0,05% en peso, el contenido de Cu es de menos del 0,15% en peso, el contenido de S es de menos del 0,03% en peso, y la cantidad total de impurezas casuales es de menos del 0,3% en peso.
- 25 7. Composición de polvo a base de hierro que comprende un polvo de acero según una cualquiera de las reivindicaciones 1-6 mezclado con el 0,35-1% en peso de la composición de grafito, y opcionalmente el 0,05-2% en peso de la composición de lubricantes, y/o cobre en una cantidad del 1,5-4% en peso, y/o níquel en una cantidad del 1-4%; y opcionalmente materiales de fase dura y agentes potenciadores de la capacidad de mecanización.
8. Composición de polvo a base de hierro según la reivindicación 7, en la que el polvo no se mezcla con Ni.
9. Método para producir un componente sinterizado y opcionalmente forjado de polvo que comprende las etapas de:
 30 a) preparar una composición de polvo de acero a base de hierro según la reivindicación 7 u 8,
 b) someter la composición a compactación a entre 400 y 2000 MPa,
 c) sinterizar el componente crudo obtenido en una atmósfera reductora a una temperatura de entre 1000-1400°C,
 35 d) opcionalmente forjar el componente calentado a una temperatura superior a 500°C o someter el componente sinterizado obtenido a una etapa de tratamiento térmico.
10. Componente forjado de polvo producido a partir de la composición de polvo a base de hierro según la reivindicación 7 u 8.
11. Componente forjado de polvo según la reivindicación 10, teniendo el componente una microestructura sustancialmente perlítica/ferrítica.
- 40 12. Componente según la reivindicación 10 u 11, siendo el componente una biela.
13. Componente forjado de polvo según una cualquiera de las reivindicaciones 10-12, teniendo el componente una límite de resistencia a la compresión (CYS) de al menos 830 MPa, y una razón entre el límite de deformación por compresión (CYS) y la dureza de Vickers (HV1) de al menos 2,25, estando el límite de deformación por compresión en MPa cuando se calcula la razón.