

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 848 378**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00 (2006.01)
C22C 33/02 (2006.01)
B22F 9/08 (2006.01)
C22C 38/44 (2006.01)
C22C 38/02 (2006.01)
C22C 38/04 (2006.01)
C22C 38/34 (2006.01)
C22C 38/42 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.12.2016** **E 16202574 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.11.2020** **EP 3333275**

54 Título: **Polvo de acero inoxidable para producir acero inoxidable dúplex sinterizado**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.08.2021

73 Titular/es:
HÖGANÄS AB (PUBL) (100.0%)
Bruksgatan 35
263 83 Höganäs, SE

72 Inventor/es:
BADWE, SUNIL

74 Agente/Representante:
DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 848 378 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

Polvo de acero inoxidable para producir acero inoxidable dúplex sinterizado

5 **Campo técnico**

Las realizaciones de la presente invención pueden proporcionar un nuevo polvo de acero inoxidable adecuado para la fabricación de aceros inoxidables dúplex sinterizados. Las realizaciones de la presente invención también pueden referirse a un método para producir el acero inoxidable dúplex sinterizado.

10

Antecedentes

La industria conoce los aceros inoxidables dúplex desde hace más de 60 años. Se usan ampliamente en formas de polvo fundido, forjado y atomizado por gas tratado térmicamente, en muchas aplicaciones que requieren una combinación de resistencia elevada y resistencia a la corrosión elevada. Sin embargo, hoy en día no están disponibles en forma de polvo atomizado por agua para su uso en aplicaciones de prensa y sinter.

15

Los usos comunes de aceros inoxidables dúplex incluyen tuberías de plantas de procesos químicos, industria petroquímica, centrales eléctricas y automóviles. También se usan en la industria de procesamiento de alimentos, en componentes de procesos farmacéuticos, en la industria del papel y la pasta de papel, en plantas de desalinización y en la industria minera. Los aceros inoxidables dúplex son conocidos por su elevada resistencia a la corrosión intergranular (CIG) y al agrietamiento por corrosión bajo tensión (ACT) en medios de cloruro. El cloruro es un gran reto que conduce a medios de corrosión rápida para aleaciones a base de hierro.

20

Se cree que las propiedades de resistencia elevada y resistencia a la corrosión elevada del acero inoxidable dúplex se adquieren debido a la presencia de fases de ferrita y austenita en cantidades iguales. Dicha estructura se consigue generalmente usando un equilibrio de estabilizadores de austenita, por ejemplo, níquel (Ni), manganeso (Mn), carbono (C), nitrógeno (N), cobre (Cu) y cobalto (Co), y estabilizadores de ferrita, por ejemplo, cromo (Cr), silicio (Si), molibdeno (Mo), wolframio (W), titanio (Ti) y niobio (Nb).

25

30

Como se ha mencionado anteriormente, se cree que la resistencia elevada y la resistencia a la corrosión elevada del acero inoxidable dúplex proviene de un equilibrio de ferrita y austenita en la microestructura. La microestructura no solo depende de la química, sino también del tratamiento térmico realizado en el material. Todas las composiciones de acero dúplex hoy en día usan N en la química, ya que N es un estabilizador de austenita fuerte. El N, cuando está presente en la aleación junto con Cr, plantea el problema de la formación de nitruros que son perjudiciales para las propiedades tales como la resistencia y la resistencia a la corrosión. Además, durante la soldadura de aceros inoxidables dúplex, se forma una fase intermetálica conocida como "Sigma" en una zona afectada por el calor (ZAC) debido a velocidades de enfriamiento más lentas. Esta fase Sigma es una fase dura, supersaturada e intermetálica que contiene Cr y Mo. El área alrededor de la fase Sigma se agota en Cr y Mo, y se vuelve frágil y menos resistente a la corrosión. Frecuentemente, los aceros inoxidables dúplex necesitan un proceso de recocido y temple para reducir o eliminar esta fase Sigma.

35

40

En los aceros inoxidables dúplex forjados o fundidos, el acero se solidifica como acero ferrítico y la fase de austenita se separa por precipitación de la ferrita durante el enfriamiento de la aleación. La velocidad de enfriamiento es crítica después de la fundición o de cualquier tratamiento térmico, ya que la velocidad de enfriamiento determina el porcentaje de austenita y cualesquiera fases intermetálicas precipitadas dentro de la estructura.

45

Aunque los aceros inoxidables dúplex forjados, en particular, los aceros inoxidables dúplex "laminados en caliente" han sido comunes en el uso industrial desde los años 30, apenas se usaron en la industria de la metalurgia de polvo. Existen unas pocas aplicaciones en las que se usan polvos de acero inoxidable dúplex atomizado por gas en condiciones de prensado isostático en caliente (PIC). Los polvos producidos mediante atomización por gas tienen morfología esférica. Dichos polvos son menos adecuados para aplicaciones convencionales de prensa y sinter. Debido a la forma esférica, no tienen suficiente resistencia en verde, que se requiere para manipular piezas de prensa y sinter en verde. Los polvos de forma irregular, tales como aquellos producidos con atomización por agua, tienen una resistencia en verde mucho mayor, ya que la forma irregular de los polvos tiende a unirlos entre sí. Actualmente no hay polvo de acero inoxidable atomizado por agua disponible para producir componentes de acero inoxidable dúplex sinterizado. Las composiciones químicas actuales utilizadas en polvos atomizados por gas, y también en aceros forjados, usan N como un elemento de aleación principal para conseguir el equilibrio austenita-ferrita y conseguir la resistencia mecánica necesaria. La inclusión de N en el polvo aumenta la dureza del mismo, lo que reduce la compresibilidad en aplicaciones convencionales de prensa y sinter. Esto puede dar como resultado una reducción de la densidad en verde y, posteriormente, una reducción de la densidad del sinter.

50

55

60

Se han realizado varios intentos de desarrollar aceros inoxidable dúplex sinterizados hechos de polvos atomizados por agua. Lawley y col.¹ intentaron desarrollar grados equivalentes de AISI 329 y AISI 2205 con una resistencia a la tracción máxima de 578 MPa. Dobrzanski y col.² mezclaron polvos ferríticos y austeníticos para producir una estructura dúplex con una resistencia a la tracción de 650 MPa. El mismo grupo también estudió las propiedades de corrosión del acero inoxidable dúplex con un método electroquímico y concluyó que los aceros inoxidable dúplex muestran una mejor resistencia a la corrosión que su homólogo austenítico³. Debido a su alto contenido de aleación, estos aceros son sensibles a la composición y también a los parámetros de procesamiento. Estas aleaciones forman fases intermetálicas conocidas como sigma, chi y gamma prima que son ricas en Mo, W, N, Ni y Cr, y reducen tanto las propiedades mecánicas como las propiedades de corrosión. La fase Sigma se forma en un intervalo de temperatura de 700 °C a 1000 °C, mientras que la fase Chi se forma en un intervalo de 300 °C a 450 °C. La fase Gamma (austenita) puede comenzar a formarse a aproximadamente 600 °C.

La composición típica del acero inoxidable dúplex forjado es Fe con un 32-23 % en peso de Cr, un 4,5-6,5 % en peso de Ni, un 2,5-3,5 % en peso de Mo y un 0,08-0,2 % en peso de N, tal como para SAF 2205. Existen numerosas patentes para la composición de acero inoxidable dúplex próximas a esta composición. Casi todos los aceros inoxidable dúplex dependen del contenido en N para una mayor resistencia a la corrosión y una mayor resistencia. Hasta ahora, los usos comerciales de los aceros inoxidable dúplex sinterizados de la metalurgia de polvo (MP) se limitan al uso de polvos finos atomizados por gas que pueden usarse principalmente para el proceso de PIC. El principal obstáculo para el uso de polvos atomizados por agua de bajo coste para el uso de la MP convencional es el aumento de N y la posibilidad de precipitación intermetálica y de carburo debido a la velocidad de enfriamiento durante la sinterización. La sinterización convencional también necesita algunos agentes humectantes o elementos constituyentes de fusión a baja temperatura, para aumentar la energía libre y acelerar la cinética de la precipitación de la fase de austenita dentro de la matriz ferrítica.

En la bibliografía de patentes existen algunos documentos que describen estructuras de acero inoxidable dúplex sinterizado.

El documento SE538577C2 (Erasteel) describe un acero inoxidable dúplex sinterizado hecho de polvo atomizado por gas y que tiene una composición química con un máximo de un 0,030 % en peso de C, un 4,5-6,5 % en peso de Ni, un 0,21-0,29 % en peso de N, un 3,0-3,5 % en peso de Mo, un 21-24 % en peso de Cr y opcionalmente uno o más de un 0-1,0 % en peso de Cu, un 0-1,0 % en peso de W, un 0-2,0 % en peso de Mn, un 0-1,0 % en peso de Si, en donde N es igual o superior a $0,01 \cdot Cr$ y los elementos restantes son Fe e impurezas inevitables.

El documento EP0167822A1 (Sumitomo) describe un acero inoxidable sinterizado que comprende una fase matriz y una fase dispersa y un proceso para su fabricación. La fase dispersa es una estructura metalúrgica de austenita y se dispersa por toda la fase matriz, que está compuesta por una estructura metalúrgica austenítica que tiene una composición de acero diferente a la de la fase dispersa o un acero inoxidable dúplex ferrítico-austenítico.

El documento JP5263199A (Sumitomo) describe la producción de un acero inoxidable sinterizado que comprende una fase matriz y una fase de dispersión. El método incluye mezclar un polvo de acero inoxidable ferrítico con un polvo seleccionado entre un polvo de acero inoxidable austenítico, un polvo de acero inoxidable dúplex austenítico-ferrítico, un polvo de acero inoxidable dúplex austenítico-martensítico y un polvo de acero inoxidable trifásico austenítico-ferrítico-martensítico. Estando la mezcla de polvos compactada y sinterizada.

El documento EP0534864B1 (Sumitomo) describe un acero inoxidable sinterizado con un contenido en N del 0,10-0,35 % en peso y hecho de polvo de acero atomizado por gas que tiene la misma composición química que el acero inoxidable sinterizado.

En los artículos a continuación publicados por Dobrzanski y col., se analizan las propiedades del acero inoxidable dúplex sinterizado. Se citan resultados de ensayos de muestras hechas de polvos mezclados, que forman polvos de acero dúplex.

- DOBRZANSKI L Y COL.: "Properties of vacuum sintered duplex stainless steel" *JOURNAL OF MATERIALS PROCESSING TECHNOLOGY*, ELSEVIER NL, vol. 162-163, mayo de 2005 (15-05-2005), páginas 282-292.

- Leszek Adam Dobrzanski y col.: "Properties of Vacuum Sintered Duplex Stainless Steels", *Advanced Materials Research*, vol. 15-17, 1 de febrero de 2006 (01-02-2006), págs. 828-833.

¹ A. Lawley, E. Wagner, C.T. Schade, *Advances in Powder Metallurgy and Particulate Materials* 2005 Parte 7 págs. 78-89

² L.A. Dobrzanski, Z. Brytan, M. Actis Grande, M. Rosso, *Archives of Materials Science and Engineering*, Vol. 28 Número 4, abril de 2007 Págs. 217-223

³ L.A. Dobrzanski, Z. Brytan, M. Actis Grande, M. Rosso, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, Vol. 17 Número 1-2 págs. 317-320

- L.A. Dobrzanski y col., "Properties of duplex stainless steels made by powder metallurgy", *Archives of Materials Science and Engineering*, Vol. 28, número 4, páginas 217-223.

- 5 En una tesis doctoral de Olena Smuk, *Microstructures and Properties of Modern P/M Super Duplex Stainless Steels*, ISBN 91-7283-761-6, se describen diversos aspectos de aceros inoxidable dúplex y superdúplex de MP.

Resumen

- 10 Casi todas las calidades dúplex disponibles tienen un contenido en N de entre el 0,18 y el 0,40 % en peso para equilibrar el equilibrio austenita-ferrita en la estructura y aumentar la resistencia. Aunque el contenido en N ayuda a las propiedades anteriores, puede plantear obstáculos en el postprocesamiento, tal como el tratamiento térmico y las operaciones de soldadura, por la formación de nitruros de cromo, lo que limita el uso de aceros inoxidable dúplex en muchas aplicaciones. En forma de polvo, N aumenta la dureza del polvo, lo que lo hace menos adecuado para aplicaciones de
15 prensa y sinter.

- Las realizaciones de la invención superan el problema con los nitruros evitando el uso del N en la química, por ejemplo, teniendo menos del 0,10 % en peso de N o menos del 0,07 % en peso de N, o menos del 0,06 % en peso de N, o
20 menos del 0,05 % en peso de N, o menos del 0,04 % en peso de N, o menos del 0,03 % en peso de N, y consiguiendo el equilibrio de fases y la resistencia mediante elementos alternativos. Las realizaciones de la invención pueden permitir la producción de polvo atomizado por agua con una compresibilidad moderada para su uso en aplicaciones convencionales de prensa y sinter. Las realizaciones de esta composición también pueden reducir la precipitación de una fase "Sigma" perjudicial; independientemente de la velocidad de enfriamiento durante la sinterización o el recocido, principalmente debido al menor contenido de Mo. Por lo tanto, minimizando los tratamientos térmicos posteriores a la
25 sinterización necesarios para eliminar la fase "Sigma" y minimizando la precipitación de fase Sigma durante la soldadura.

Las realizaciones de la composición pueden ofrecer ventajas similares cuando se forman mediante atomización por gas.

- 30 Aparte de la metalurgia de polvo convencional, las realizaciones de la composición producen propiedades similares cuando se procesan con técnicas de Fundición, deposición directa de metal y fabricación aditiva.

Descripción detallada

- 35 Un objeto de determinadas realizaciones de la invención es proporcionar un polvo de aleación para MP convencional que produzca una estructura dúplex durante un ciclo de sinterización.

- Otro objeto de determinadas realizaciones de la presente invención es obtener una resistencia a la tracción al menos un 35 % más alta que la de los aceros ferríticos tal como 430L y el doble de resistencia a la corrosión que
40 los aceros austeníticos tal como 316L.

Otro objeto más de determinadas realizaciones de la presente invención es proporcionar un método para producir un acero inoxidable dúplex sinterizado sin necesidad de tratamiento térmico posterior a la sinterización.

- 45 Los objetivos anteriores pueden lograrse mediante los siguientes aspectos y realizaciones.

En un primer aspecto de la presente invención se proporciona un polvo de acero inoxidable que comprende o que consiste en, en porcentaje en peso:

- 50 hasta el 0,1 % en peso de C,
el 0,5-3 % en peso de Si,
hasta el 0,5 % en peso de Mn,
el 20-27 % en peso de Cr,
el 3-8 % en peso de Ni,
el 1-6 % en peso de Mo,
55 hasta el 3 % en peso de W,
hasta el 0,1 % en peso de N,
hasta el 4 % en peso de Cu,
hasta el 0,04 % en peso de P,
hasta el 0,04 % en peso de S,
60 impurezas inevitables de hasta el 0,8 % en peso, de las cuales O puede ser hasta el 0,6 % en peso,
opcionalmente uno o más de hasta el 0,004 % en peso de B, hasta el 1 % en peso de Nb, hasta el 0,5 % en peso de Hf, hasta el 1 % en peso de Ti, hasta el 1 % en peso de Co,
el resto es Fe.

- 65 Las impurezas inevitables no incluyen los elementos enumerados de C, Si, Mn, Cr, Ni, Mo, W, N, Cu, P, S, B, Nb, Hf, Ti o Co. Las impurezas inevitables pueden incluir impurezas que no pueden controlarse, o que se controlan con

dificultad, durante la fabricación de aceros. Estas pueden provenir de las materias primas utilizadas y también del proceso. Éstas incluyen Al, O, Mg, Ca, Ta, V, Te o Sn. Las impurezas inevitables pueden ser de hasta el 0,8 % en peso, hasta el 0,6 % en peso, hasta el 0,3 % en peso. Una impureza inevitable puede ser O. O puede estar presente hasta el 0,6 % en peso, hasta el 0,4 % en peso o hasta el 0,3 % en peso.

5 En una realización preferida del primer aspecto, se proporciona un polvo de acero inoxidable que consiste en, en porcentaje en peso:
 hasta el 0,06 % en peso de C,
 el 1-3 % en peso de Si,
 10 hasta el 0,3 % en peso de Mn,
 el 23-27 % en peso de Cr,
 el 4-7 % en peso de Ni,
 el 1-3 % en peso de Mo,
 el 0,8-1,5 % en peso de W,
 15 hasta el 0,07 % en peso de N,
 el 1-3 % en peso de Cu,
 hasta el 0,04 % en peso de P,
 hasta el 0,03 % en peso de S,
 impurezas inevitables de hasta el 0,8 % en peso, de las cuales O puede ser hasta el 0,6 % en peso,
 20 opcionalmente uno o más de hasta el 0,004 % en peso de B, hasta el 1 % en peso de Nb, hasta el 0,5 % en peso de Hf, hasta el 1 % en peso de Ti, hasta el 1 % en peso de Co,
 el resto es Fe.

25 En otra realización preferida del primer aspecto, se proporciona un polvo de acero inoxidable que comprende, en porcentaje en peso:
 hasta el 0,03 % en peso de C,
 el 1,5-2,5 % en peso de Si,
 hasta el 0,3 % en peso de Mn,
 el 24-26 % en peso de Cr,
 30 el 5-7 % en peso de Ni,
 el 1-1,5 % en peso de Mo,
 el 1-1,5 % en peso de W,
 hasta el 0,06 % en peso de N,
 el 1-3 % en peso de Cu,
 35 hasta el 0,02 % en peso de P,
 hasta el 0,015 % en peso de S,
 impurezas inevitables de hasta el 0,8 % en peso, de las cuales O puede ser hasta el 0,6 % en peso,
 opcionalmente uno o más de hasta el 0,004 % en peso de B, hasta el 1 % en peso de Nb, hasta el 0,5 % en peso de Hf, hasta el 1 % en peso de Ti, hasta el 1 % en peso de Co,
 40 el resto es Fe.

En las realizaciones del primer aspecto, el polvo es ferrítico. Por ejemplo, ferrítico en un 99,5 %. Pueden tolerarse ligeras cantidades de austenita, por ejemplo, hasta el 0,5 %.

45 En las realizaciones según el primer aspecto, el polvo se produce mediante atomización por agua.

En las realizaciones del primer aspecto, el polvo se produce mediante atomización por gas.

50 En las realizaciones del primer aspecto, el tamaño de partícula del polvo es de entre 53 micrómetros y 18 micrómetros, de manera que al menos el 80 % en peso de las partículas sea inferior a 53 micrómetros y como máximo el 20 % en peso de las partículas sea inferior a 18 micrómetros.

55 En las realizaciones del primer aspecto, el tamaño de partícula del polvo es de entre 26 micrómetros y 5 micrómetros, de manera que al menos el 80 % en peso de las partículas sea inferior a 26 micrómetros y como máximo el 20 % en peso de las partículas sea inferior a 5 micrómetros.

60 En las realizaciones del primer aspecto, el tamaño de partícula del polvo es de entre 150 micrómetros y 26 micrómetros, de manera que al menos el 80 % en peso de las partículas sea inferior a 150 micrómetros y como máximo el 20 % en peso de las partículas sea inferior a 26 micrómetros.

60 En un segundo aspecto de la presente invención se proporciona un método para producir un acero inoxidable sinterizado que comprende las etapas de:

- proporcionar un polvo de acero inoxidable según el primer aspecto,
- 65 - opcionalmente mezclar el polvo de acero inoxidable con un lubricante y opcionalmente otros aditivos,

- someter el polvo de acero inoxidable o la mezcla a un proceso de consolidación que forma un componente en verde,
- someter el componente en verde compactado a una etapa de sinterización en una atmósfera inerte o reductora o al vacío a una temperatura de entre 1150 °C y 1450 °C, preferentemente, a una temperatura de entre 1275 °C y 1400 °C durante un período de tiempo de 5 minutos a 120 minutos,
- someter el componente sinterizado a una etapa de enfriamiento a temperatura ambiente.

Los ejemplos de una atmósfera inerte incluyen nitrógeno, argón y vacío con relleno de argón.

Un ejemplo de una atmósfera reductora es una atmósfera de hidrógeno, una atmósfera de una mezcla de hidrógeno y nitrógeno o una atmósfera de amoníaco disociado. En ejemplos limitados, pueden usarse atmósferas de dióxido de carbono o monóxido de carbono.

En las realizaciones del segundo aspecto, dicho proceso de consolidación incluye las etapas de:

- compactación uniaxial a una presión de compactación de hasta 900 MPa en una matriz para formar un componente en verde,
- expulsar el componente en verde compactado obtenido de la matriz.

En las realizaciones del segundo aspecto, dicho proceso de consolidación incluye uno de: Moldeo por inyección de metal (MIM), prensado isostático en caliente (PIC) o técnicas de fabricación aditiva tales como chorro de aglutinante, fusión en lecho de polvo por láser (L-PBF), sinterización directa de metal por láser (DMLS) o depósito directo de metal (DMD).

En las realizaciones del segundo aspecto, el enfriamiento o temple forzado se excluye de la etapa de enfriamiento.

Efecto de los elementos de aleación

El efecto de los elementos de aleación comunes en los aceros inoxidables es bien conocido. El Cr es un elemento importante en los aceros inoxidables que forma una capa de Cr_2O_3 en la superficie que impide después el paso de oxígeno adicional a través la capa, de modo que se proporciona una mayor resistencia a la corrosión. El Ni es otro elemento importante que afecta a las propiedades del acero inoxidable. El Ni aumenta la resistencia y la tenacidad del acero y también, cuando está presente con Cr, potencia la resistencia a la corrosión. El Mo y el W transmiten ambos resistencia y tenacidad cuando están presentes junto con Ni. El Mo también potencia la resistencia a la corrosión junto con el Cr y el Ni. El Si actúa como desoxidante que evita que el O se combine en el acero durante la fusión y el Si también es un fuerte formador de ferrita. El Cu es un estabilizador de austenita. El Cu también aumenta la resistencia a la corrosión del acero inoxidable. Especialmente en la MP convencional, el Cu ayuda a la sinterización promoviendo la sinterización en fase líquida.

Las realizaciones de la invención proporcionan un polvo adecuado para producir acero inoxidable dúplex sinterizado, así como el acero inoxidable sinterizado. El polvo y el acero inoxidable sinterizado tienen un contenido bajo o insignificante de N. Esto elimina el problema de la formación de nitruros perjudiciales durante la fabricación del acero inoxidable sinterizado. El acero inoxidable sinterizado se produce preferentemente a partir de un polvo atomizado por agua compacto y sinterizado, puesto que el contenido bajo de N hace posible producir polvo atomizado por agua con una compresibilidad razonable.

El Mo está normalmente presente en el acero inoxidable, ya que promueve fuertemente la resistencia a la corrosión tanto uniforme como localizada. El Mo estabiliza fuertemente la microestructura ferrítica. Al mismo tiempo, el Mo es propenso a precipitar fases "Sigma" y "Chi" ricas en Mo en el límite de los granos de Ferrita-Austenita. Estas son fases perjudiciales y afectan negativamente a la resistencia y la resistencia a la corrosión. Sin embargo, debido al menor contenido en Mo en las realizaciones del polvo de la presente invención, se reduce la posibilidad de formar fase sigma a cualquier velocidad de enfriamiento, lo que elimina o reduce la necesidad de recocido del tratamiento térmico postprocesamiento. Esto también significa que la fase sigma probablemente no se formará durante la operación de soldadura, que es un proceso de fabricación común para los aceros inoxidables dúplex.

El Cr proporciona a los aceros inoxidables su resistencia a la corrosión básica y aumenta la resistencia contra la corrosión a temperaturas elevadas.

El Ni promueve una microestructura austenítica y generalmente aumenta la ductilidad y la tenacidad. El Ni también tiene un efecto positivo, ya que reduce la velocidad de corrosión de los aceros inoxidables.

El Cu promueve una microestructura austenítica. La presencia de Cu en el polvo de la presente invención facilita el proceso de sinterización permitiendo la sinterización en fase líquida.

Se espera que el W mejore la resistencia contra la corrosión por picadura.

El Si aumenta la resistencia y promueve una microestructura ferrítica. También aumenta la resistencia a la oxidación a temperaturas elevadas y en soluciones fuertemente oxidantes a temperaturas más bajas.

5 Cuando están presentes en el polvo según determinadas realizaciones de la presente invención, B, Nb, Hf, Ti, Co pueden potenciar las propiedades. El B, cuando se añade en % pequeño, puede ayudar en la sinterización en fase líquida. Sin embargo, el exceso de B, si está presente, puede formar boruros, que son perjudiciales para las propiedades tanto mecánicas como de corrosión. El Nb y el Hf, cuando están presentes, pueden estabilizar la microestructura combinándose preferentemente con carbono formando carburos finos que liberan Cr para la resistencia a la corrosión. El Ti en aceros inoxidable puede aumentar la resistencia a la tracción y la tenacidad. El Co aumenta las propiedades mecánicas a temperatura elevada.

15 Elementos tales como C, Mn, S y P deben mantenerse a un nivel tan bajo como sea posible en el polvo de las realizaciones de la presente invención, ya que pueden tener un efecto negativo en diversa medida sobre la compresibilidad del polvo y/o las propiedades mecánicas y de prevención de la corrosión en el componente sinterizado.

Otros elementos, designados en el presente documento como impurezas inevitables, pueden tolerarse hasta un contenido del 0,8 % en peso del polvo según la presente invención.

20 La composición del polvo según realizaciones de la presente invención se diseña de manera que el polvo producido tenga estructura totalmente (por ejemplo, al menos al 99,5 %) ferrítica en la forma de polvo y la fase austenítica se separe por precipitación durante el ciclo de sinterización. Esto permitirá controlar la relación de ferrita y austenita mediante el ajuste de los parámetros de sinterización.

25 Los equivalentes de Ni y Cr se calculan basándose en las siguientes fórmulas empíricas:

$$\begin{aligned} Cr_{eq} &= Cr + 2Si + 1,5Mo + 0,75W \\ Ni_{eq} &= Ni + 0,5Mn + 0,3Cu + 25N + 30C \end{aligned}$$

30 Donde Cr, Ni, etc. son el nivel de cada elemento en la aleación en % en peso.

Además, el Número Equivalente de Resistencia a la Picadura se calcula como:

$$PREN = Cr + 3,3Mo + 16N$$

Donde Cr, Mo y N son el nivel de cada elemento en la aleación en % en peso.

35 La composición se dirige de manera que $5 < Ni_{eq} < 11$ y $27 < Cr_{eq} < 38$. Esto pone la aleación en el límite de la región Ferrítica - Dúplex en el diagrama de Schaeffler. En este punto la aleación es casi totalmente ferrítica (por ejemplo, al menos al 99,5 %). Elementos como Mo, W y Si están supersaturados en la matriz ferrítica.

40 El polvo de las realizaciones de la presente invención puede producirse mediante procesos de fabricación de polvo convencionales. Estos procesos pueden abarcar la fusión de las materias primas seguida de la atomización por agua o gas, que forma un denominado polvo prealeado en donde todos los elementos se distribuyen homogéneamente dentro de la matriz de hierro. Una ventaja importante de un polvo prealeado a diferencia de un polvo premezclado, en donde se mezclan entre sí dos o más polvos, es que se evita la segregación. Esta segregación puede provocar variaciones en las propiedades mecánicas, resistencia a la corrosión, etc.

45 Cuando se usa para la producción de componentes sinterizados, el polvo de las realizaciones de la presente invención puede compactarse en un equipo de compactación uniaxial convencional a una presión de compactación de hasta 900 MPa.

50 La distribución de tamaño de partícula adecuada del polvo de acero inoxidable que ha de usarse en la compactación uniaxial convencional es de manera que el tamaño de partícula del polvo sea de entre 53 micrómetros y 18 micrómetros, de manera que al menos el 80 % en peso de las partículas sea inferior a 53 micrómetros y como máximo el 20 % en peso de las partículas sea inferior a 18 micrómetros. Antes de la compactación, el polvo de las realizaciones de la presente invención puede mezclarse con lubricantes convencionales, tales como, aunque no de forma limitativa, Acrawax, estearato de litio, Intralube en un contenido de hasta el 1 % en peso. Otros aditivos que se mezclan, hasta el 0,5 % en peso, pueden ser agentes potenciadores de la maquinabilidad tales como CaF_2 , moscovita, bentonita o MnS.

55 Pueden utilizarse otros métodos de técnicas de consolidación tales como moldeo por inyección de metal (MIM), prensado isostático en caliente (PIC), extrusión o técnicas de fabricación aditiva tales como chorro de aglutinante, fusión en lecho de polvo por láser (L-PBF), sinterización directa de metal por láser (DMLS) o depósito directo de metal (DMD)

60 En un proceso de MIM, la distribución de tamaño de partícula adecuada del polvo de acero inoxidable que ha de usarse es de manera que el tamaño de partícula del polvo sea de entre 26 micrómetros y 5 micrómetros, de

manera que al menos el 80 % en peso de las partículas sea inferior a 26 micrómetros y como máximo el 20 % en peso de las partículas sea inferior a 5 micrómetros.

5 En un proceso de PIC o extrusión, la distribución de tamaño de partícula adecuada del polvo de acero inoxidable que ha de usarse es de manera que el tamaño de partícula del polvo sea de entre 150 micrómetros y 26 micrómetros, de manera que al menos el 80 % en peso de las partículas sea inferior a 150 micrómetros y como máximo el 20 % en peso de las partículas sea inferior a 26 micrómetros.

10 La distribución de tamaño de partícula puede medirse mediante una operación de tamizaje convencional según la norma ISO 4497:1983 o mediante difracción láser (Sympatec) según la norma ISO 13320:1999.

15 Después de la compactación o consolidación, el cuerpo compactado o consolidado se somete a un proceso de sinterización a temperaturas suficientemente elevadas en el intervalo de 1150 °C a 1450 °C, preferentemente, a temperaturas suficientemente elevadas en el intervalo de 1275 °C a 1400 °C durante un período de tiempo de 5 minutos a 120 minutos. Dependiendo de la forma y el tamaño de las piezas que han de sinterizarse, puede aplicarse otro período de tiempo de sinterización tal como de 10 minutos a 90 minutos o de 15 minutos a 60 minutos. La atmósfera de sinterización puede ser vacío, inerte o reductora, tal como una atmósfera de hidrógeno, una atmósfera de una mezcla de hidrógeno y nitrógeno o amoníaco disociado. Durante el proceso de sinterización, los elementos supersaturados en la matriz de ferrita se separan por precipitación como una fase austenítica. La austenita comenzará a separarse por precipitación en los límites del grano y con la sinterización adicional crecerá y precipitará dentro del propio grano.

25 A diferencia de otros materiales de acero inoxidable dúplex conocidos, la composición de las realizaciones de la presente invención no debe formar fases sigma u otras fases duras y perjudiciales, por ejemplo, fase Chi y nitruros, durante el enfriamiento a partir de una temperatura elevada, independientemente de la velocidad de enfriamiento. Por ejemplo, la cantidad de fase sigma u otras fases duras y perjudiciales es inferior al 0,5 %. Por lo tanto, no es necesario aplicar un enfriamiento o temple forzado. En este contexto, enfriamiento forzado significa que las piezas sinterizadas se someten a un gas refrigerante a una presión superior a la presión atmosférica. Temple significa que las piezas sinterizadas se sumergen en un medio de enfriamiento líquido.

30 Normalmente se formará una microestructura, como se muestra en la Figura 1, que contenga ferrita y austenita. La presencia de ambas fases es responsable de las propiedades elevadas mecánicas y de corrosión. Durante el enfriamiento no se forman, o se forman cantidades significativamente limitadas de, fases perjudiciales tales como sigma y chi, que son normales en los aceros inoxidables dúplex conocidos actualmente. Como otra consecuencia, esta propiedad reducirá o eliminará la formación de dichas fases durante la soldadura en la que la zona afectada por el calor (ZAC) experimenta velocidades de enfriamiento variables. En otra consecuencia, esta composición limitará la precipitación de dichas fases durante procesos tales como la fundición, la extrusión, el MIM, el PIC y la fabricación aditiva.

40 Las realizaciones de la aleación de la invención han mostrado propiedades mecánicas y de corrosión comparables o superiores a las de los productos forjados y de MP fabricados con aleaciones de acero inoxidable dúplex conocidas disponibles.

45 En resumen, determinadas ventajas de las realizaciones de la presente invención pueden incluir menos tendencias a precipitar las fases sigma y chi perjudiciales que afectan a las propiedades mecánicas y de corrosión. Esto es de particular interés en la soldadura. La mayoría de los componentes de acero inoxidable dúplex se sueldan después de que se formen. La soldadura transmite diferentes velocidades de enfriamiento en diferentes partes de la ZAC. Estas velocidades de enfriamiento tienden a precipitar las fases sigma y chi junto con los nitruros debido al nitrógeno presente en las aleaciones conocidas actuales. La ausencia de estas fases puede eliminar los tratamientos térmicos posteriores, que normalmente implican el recocido a temperaturas superiores a 1200 °C seguido de enfriamiento rápido. Esto, en la mayor parte de los casos, se hace difícil cuando las piezas se sueldan a una estructura más grande, lo que limita el uso de acero inoxidable dúplex.

55 Leyendas de las figuras

La Figura 1 muestra la microestructura del acero inoxidable sinterizado de la invención, las fases de austenita y ferrita están presentes en proporciones iguales en condición sinterizada, las manchas de color negro son la porosidad.

60 La Figura 2 describe una comparación de propiedades de resistencia última a la tracción (RUT) y de corrosión del acero inoxidable sinterizado de la invención en comparación con la aleación de las aleaciones 300 y 400

La Figura 3 muestra una comparación de propiedades mecánicas del acero inoxidable sinterizado de la invención en diferentes condiciones de sinterización

65 Ejemplos

Ejemplo 1

5 Un polvo de acero inoxidable, con un tamaño de partícula inferior a la malla 325, es decir, el 95 % en peso de las partículas pasaron por un tamiz de 45 µm, se mezcló con un 0,75 % en peso de Acrawax como lubricante. El análisis químico del polvo de acero inoxidable fue un 0,01 % en peso de C, un 1,52 % en peso de Si, un 0,2 % en peso de Mn, un 0,013 % en peso de P, un 0,008 % en peso de S, un 24,9 % en peso de Cr, un 2,0 % en peso de Cu, un 1,3 % en peso de Mo, un 1,0 % en peso de W, un 0,05 % en peso de N, el resto era Fe.

10 La mezcla de polvos obtenida se prensó en una prensa uniaxial y se compactó en barras de resistencia a la rotura transversal (RRT), según la norma ASTM B528-16 a una presión de compactación de 750 MPa. Después, las barras de RRT prensadas se sinterizaron en una atmósfera de hidrógeno al 100 % a 1343 °C con una velocidad de rampa de 7 °C/minuto durante 45 minutos. A esto le siguió el enfriamiento del horno a una velocidad de 5 °C/minuto.

15 Después, las muestras se montaron y se pulieron para el examen de la microestructura. A continuación, las muestras pulidas se sometieron a ataque electroquímico con NaOH al 33 % a 3 V durante 15 segundos. El ataque electroquímico con NaOH revela la fase de ferrita de color castaño, la austenita de color blanco (no afectada) y las fases sigma en color naranja oscuro en los límites del grano dentro de la matriz de ferrita. La microestructura observada es la que se muestra en la Figura 1. La microestructura muestra una mezcla aproximadamente 50/50 de ferrita (color castaño) y austenita (color blanco). No existen indicios de ninguna fase sigma (color naranja oscuro) en la microestructura. Las manchas de color negro son la porosidad en la muestra.

Ejemplo 2

25 Diversos polvos de acero inoxidable según las realizaciones de la invención y, como muestras comparativas, se produjeron mediante atomización por agua. La composición química de los polvos de acero inoxidable se muestra en la tabla 1. Los aceros inoxidables fundidos que tenían diversas composiciones químicas se fundieron en un horno de inducción, el metal fundido se sometió a una corriente de agua para obtener polvo de acero. Después, los polvos obtenidos se secaron y se tamizaron hasta una malla de -325. El polvo tamizado tenía -45 micrómetros, es decir, el 95 % en peso de las partículas de polvo era inferior a 45 micrómetros. Después, los

30 polvos se mezclaron con un 0,75 % en peso del lubricante Acrawax.

35 Para someter a ensayo las propiedades mecánicas, es decir, la resistencia última a la tracción (RUT), el límite elástico (LE) y la elongación, se prensaron muestras de RT (hueso de perro) según la norma ASTM B925-15 con una presión de compactación de 750 MPa. Después, las barras se sinterizaron como se menciona en el Ejemplo 1. A continuación, las barras sinterizadas se sometieron a ensayo para determinar las propiedades mecánicas según la norma ASTM E8/E8M-16a. También se realizó un examen metalográfico para establecer la relación entre austenita y ferrita en las muestras sinterizadas. Los resultados del ensayo se muestran en la tabla 2 en comparación con los datos publicados de muestras de aceros inoxidables dúplex conocidos en condiciones de forjado, (DSS 329 Forjado), de atomización por gas y de PIC (DSS 329 MP AG).

40 La Tabla 2 muestra que los polvos de acero inoxidable según la presente invención pueden usarse para producir acero inoxidable dúplex sinterizado que tenga las propiedades mecánicas deseadas.

Análisis químico [% en peso]															
	Muestra	Tipo	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	W	Cu	O	N	Otros
Comparativo	DSS 329 Forjado	Acero forjado	0,08		1,00			23-28	2,5-5	1-2				0,08	
Comparativo	DSS 329 MP AA	Polvo atomizado por agua, PIC	0,20	0,75	1,00			23-28	2,5-5	1-2			0,05	0,08	
Comparativo	DSS 2205 MP AG	Polvo atomizado por gas PIC	0,03	1,00	2,00	0,020	0,030	22,0-23,0	4,5-6,5	3,0-3,5		0,75		0,14-0,20	
Premezcla	XSS DP1 MP AA Premezcla	Polvos atomizados por agua ⁴ , compactados y sinterizados	0,03	2,00	0,10	0,006	0,008	25	5,5	1,3	1	2	0,2	0,06	
Invención	XSS DP1 MP AA Prealeación	Polvo atomizado por agua, prealeado, compactado y sinterizado	0,01	1,52	0,20	0,013	0,008	24,9	5,5	1,3	1	2	0,15	0,05	
Invención	XSS DP1-1	Polvo atomizado por agua, prealeado, compactado y sinterizado	0,03	1,97	0,10	0,007	0,012	23,4	5,1	1,2	0,9	1,9	0,13	0,05	

⁴ Premezcla de 316L, 434L y polvos elementales de Si, W y Cu.

Invencción	XSS DP1-2	Polvo atomizado por agua, prealeado, compactado y sinterizado	0,03	2,12	0,20	0,007	0,012	26,1	5,2	1,3	0,9	3	0,15	0,02	
Invencción	XSS DP1-3	Polvo atomizado por agua, prealeado, compactado y sinterizado	0,03	1,94	0,20	0,008	0,013	25,1	5,6	1,2	0,8	2	0,15	0,02	0,58 Nb
Comparativo	XSS DP1-4	Polvo atomizado por agua, prealeado, compactado y sinterizado	0,03	2,14	0,20	0,009	0,015	22,3	5,2	1,3	0,9	1,9	0,16	0,06	0,6 Sn

Tabla 1, composiciones químicas de diversos polvos de acero inoxidable, su método de producción y tipo de proceso para producir muestras sinterizadas.

Propiedades mecánicas								
	Muestra	Tipo	Tiempo de sinterización [minutos]	RT [Mpa]	LE [Mpa]	RRT [Mpa]	Elongación [%]	% de austenita en la matriz de ferrita
Comparativo	DSS 329 Forjado	Acero forjado	Recocido	725	550		25	~50
Comparativo	DSS 329 MP AA	Polvo atomizado por agua, PIC	45	523	460	180	7	0
Comparativo	DSS 2205 MP AG	Polvo atomizado por gas, PIC	45	578	427	200	11	~50
Comparativo	XSS DP1 MP AA Premezcla	Polvos atomizados por agua ⁵ , compactados y sinterizados	45	720	700	220	2,5	~35
Invencción	XSS DP1 MP AA Prealeación	Polvo atomizado por agua, prealeado, compactado y sinterizado	45	776	617	278	8,6	~60
Invencción	XSS DP1-1	Polvo atomizado por agua, prealeado, compactado y sinterizado	45	727	504	275	11,0	~50
Invencción	XSS DP1-2	Polvo atomizado por agua, prealeado, compactado y sinterizado	45	809	745	265	2,5	~50
Invencción	XSS DP1-3	Polvo atomizado por agua, prealeado, compactado y sinterizado	45	843	691	257	6,5	~45
Comparativo	XSS DP1-4	Polvo atomizado por agua, prealeado, compactado y sinterizado	45	749	743	218	0,5	~10

Tabla 2, propiedades mecánicas y estructura metalográfica para muestras sinterizadas producidas a partir de polvos de acero inoxidable según la tabla 1.

5

⁵ Premezcla de 316L, 434L y polvos elementales de Si, W y Cu.

Una realización del polvo de la invención con una composición como la del Ejemplo 1 también se sinterizó a diversas temperaturas y atmósferas para mostrar el efecto sobre las propiedades mecánicas. Estos datos se representan en la Figura 3.

5 Ejemplo 3

10 Para realizar un ensayo de corrosión, se produjeron barras de RRT como en el Ejemplo 1 junto con barras para 316L y 434L como representantes de las calidades austenítica y ferrítica. Después, las muestras se sometieron a ensayo para determinar la corrosión en una solución de NaCl al 5 % a temperatura ambiente según la norma ASTM B895-16. La corrosión se comparó por las horas que tardó en aparecer la corrosión en las muestras. Los datos comparativos se representan en la Figura 2 junto con la RUT y el LE para estas muestras. El diámetro de las burbujas de la Figura 3 representa el número de horas que tardó el inicio de la corrosión en las muestras. El ensayo de corrosión para el polvo de la invención se interrumpió después de 3700 horas ya que no hubo indicios de corrosión y ya superaba 3 veces el de las muestras de 316L.

15

REIVINDICACIONES

1. Un polvo de acero inoxidable ferrítico prealeado que comprende:
- 5 hasta el 0,1 % en peso de C,
 el 0,5-3 % en peso de Si,
 hasta el 0,5 % en peso de Mn,
 el 20-27 % en peso de Cr,
 el 3-8 % en peso de Ni,
 10 el 1-6 % en peso de Mo,
 hasta el 3 % en peso de W,
 hasta el 0,1 % en peso de N,
 hasta el 4 % en peso de Cu,
 hasta el 0,04 % en peso de P,
 15 hasta el 0,04 % en peso de S,
 impurezas inevitables de hasta el 0,8 % en peso, de las cuales O puede ser hasta el 0,6 % en
 peso, opcionalmente uno o más de hasta el 0,004 % en peso de B, hasta el 1 % en peso de Nb,
 hasta el 0,5 % en peso de Hf, hasta el 1 % en peso de Ti, hasta el 1 % en peso de Co,
 el resto es Fe.
- 20 2. Un polvo de acero inoxidable ferrítico prealeado según la reivindicación 1 que comprende:
- hasta el 0,06 % en peso de C,
 el 1-3 % en peso de Si,
 25 hasta el 0,3 % en peso de Mn,
 el 23-27 % en peso de Cr,
 el 4-7 % en peso de Ni,
 el 1-3 % en peso de Mo,
 el 0,8-1,5 % en peso de W,
 30 hasta el 0,07 % en peso de N,
 el 1-3 % en peso de Cu,
 hasta el 0,03 % en peso de P,
 hasta el 0,03 % en peso de S,
 impurezas inevitables de hasta el 0,8 % en peso, de las cuales O puede ser hasta el 0,6 % en
 peso, opcionalmente uno o más de hasta el 0,004 % en peso de B, hasta el 1 % en peso de Nb,
 hasta el 0,5 % en peso de Hf, hasta el 1 % en peso de Ti, hasta el 1 % en peso de Co,
 el resto es Fe.
- 35 3. Un polvo de acero inoxidable ferrítico prealeado según la reivindicación 1 que comprende:
- 40 hasta el 0,03 % en peso de C,
 el 1,5-2,5 % en peso de Si,
 hasta el 0,3 % en peso de Mn,
 el 24-26 % en peso de Cr,
 45 el 5-7 % en peso de Ni,
 el 1-1,5 % en peso de Mo,
 el 1-1,5 % en peso de W,
 hasta el 0,06 % en peso de N,
 el 1-3 % en peso de Cu,
 50 hasta el 0,02 % en peso de P,
 hasta el 0,015 % en peso de S,
 impurezas inevitables de hasta el 0,8 % en peso, de las cuales O puede ser hasta el 0,6 % en
 peso, opcionalmente uno o más de hasta el 0,004 % en peso de B, hasta el 1 % en peso de Nb,
 hasta el 0,5 % en peso de Hf, hasta el 1 % en peso de Ti, hasta el 1 % en peso de Co,
 55 el resto es Fe.
4. Un polvo de acero inoxidable ferrítico prealeado según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el
 polvo de acero inoxidable se produce mediante atomización por agua.
- 60 5. Un polvo de acero inoxidable ferrítico prealeado según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el
 polvo de acero inoxidable se produce mediante atomización por gas.
6. Un polvo de acero inoxidable ferrítico prealeado según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el
 tamaño de partícula del polvo es de entre 53 micrómetros y 18 micrómetros, de manera que al menos el
 80 % de las partículas es inferior a 53 micrómetros y como máximo el 20 % de las partículas es inferior a 18
 65 micrómetros, medido por difracción láser según la norma ISO 13320:1999.

7. Un polvo de acero inoxidable ferrítico prealeado según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el tamaño de partícula del polvo es de entre 26 micrómetros y 5 micrómetros, de manera que al menos el 80 % de las partículas es inferior a 26 micrómetros y como máximo el 20 % de las partículas es inferior a 5 micrómetros, medido por difracción láser según la norma ISO 13320:1999.
8. Un polvo de acero inoxidable ferrítico prealeado según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el tamaño de partícula del polvo es de entre 150 micrómetros y 26 micrómetros, de manera que al menos el 80 % de las partículas es inferior a 150 micrómetros y como máximo el 20 % de las partículas es inferior a 26 micrómetros, medido por difracción láser según la norma ISO 13320:1999.
9. Un método para producir un acero inoxidable dúplex sinterizado que comprende las etapas de:
- proporcionar un polvo de acero inoxidable según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8,
 - opcionalmente mezclar el polvo de acero inoxidable con un lubricante y opcionalmente otros aditivos,
 - someter el polvo de acero inoxidable o la mezcla a un proceso de consolidación que forma un componente en verde,
 - someter el componente en verde consolidado a una etapa de sinterización en una atmósfera inerte o reductora o al vacío a una temperatura de entre 1150 °C y 1450 °C, preferentemente a una temperatura de entre 1275 °C y 1400 °C durante un período de tiempo de 5 minutos a 120 minutos,
 - someter el componente sinterizado a una etapa de enfriamiento a temperatura ambiente.
10. Un método para producir un acero inoxidable dúplex sinterizado según la reivindicación 9, en donde el proceso de consolidación incluye:
- compactación uniaxial a una presión de compactación de hasta 900 MPa en una matriz para formar un componente en verde,
 - expulsar el componente en verde compactado obtenido de la matriz.
11. Un método para producir un acero inoxidable dúplex sinterizado según la reivindicación 9, en donde el proceso de consolidación incluye uno de:
Moldeo por inyección de metal (MIM), prensado isostático en caliente (PIC), técnicas de fabricación aditiva tales como chorro de aglutinante.

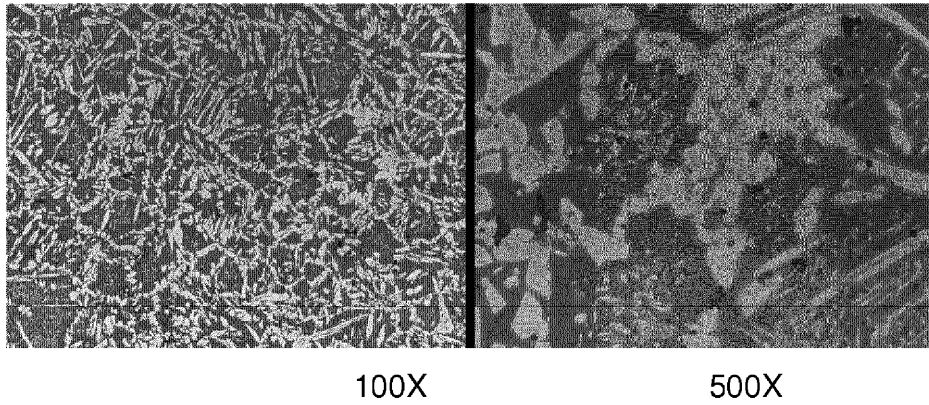


Figura 1: La microestructura de la aleación de la invención muestra fases de austenita y ferrita en proporciones iguales en condición sinterizada, las manchas de color negro son la porosidad.

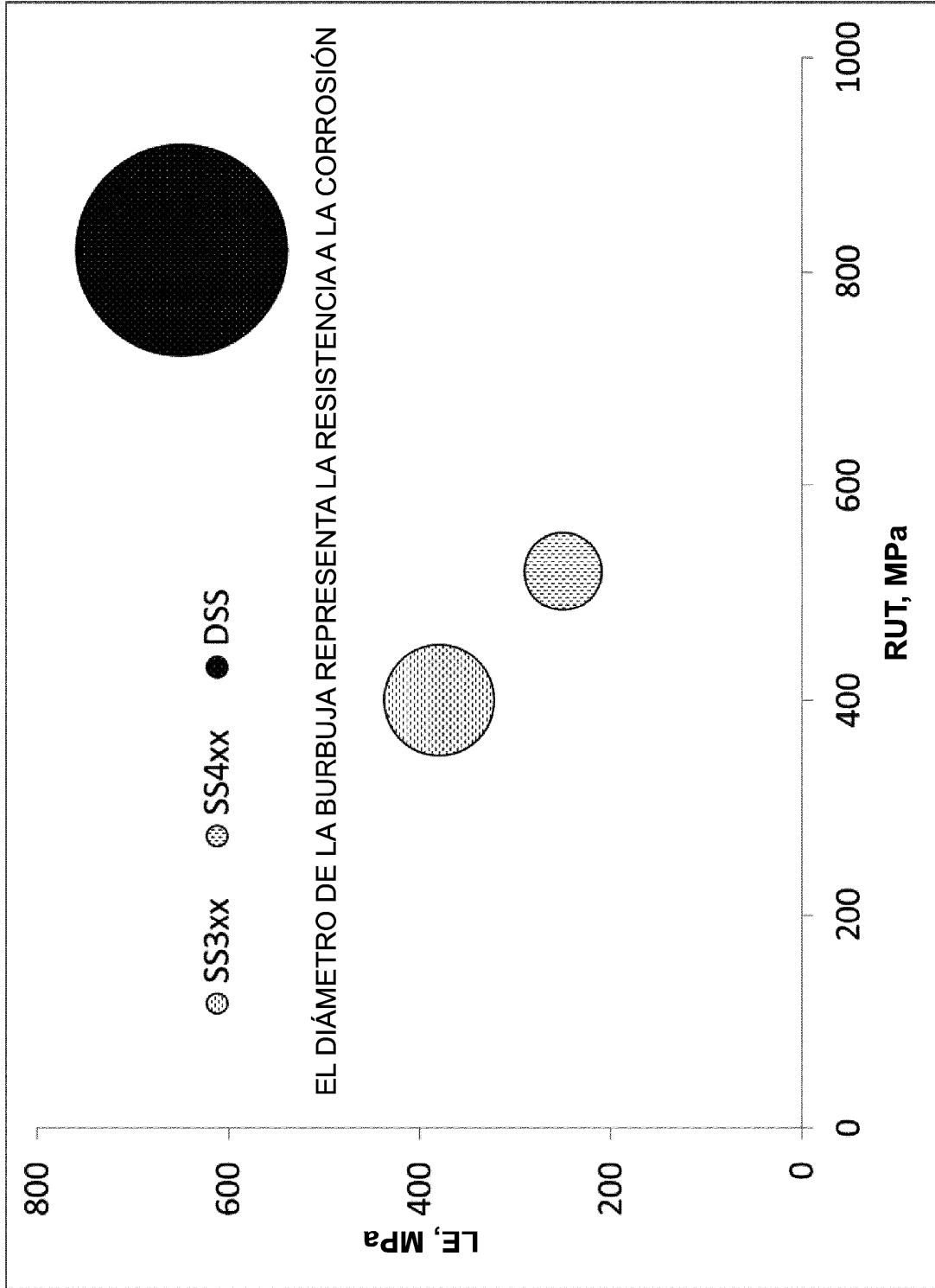


Figura 2: Comparación de propiedades RUT y corrosión de la aleación de la invención con aleaciones 300 y 400

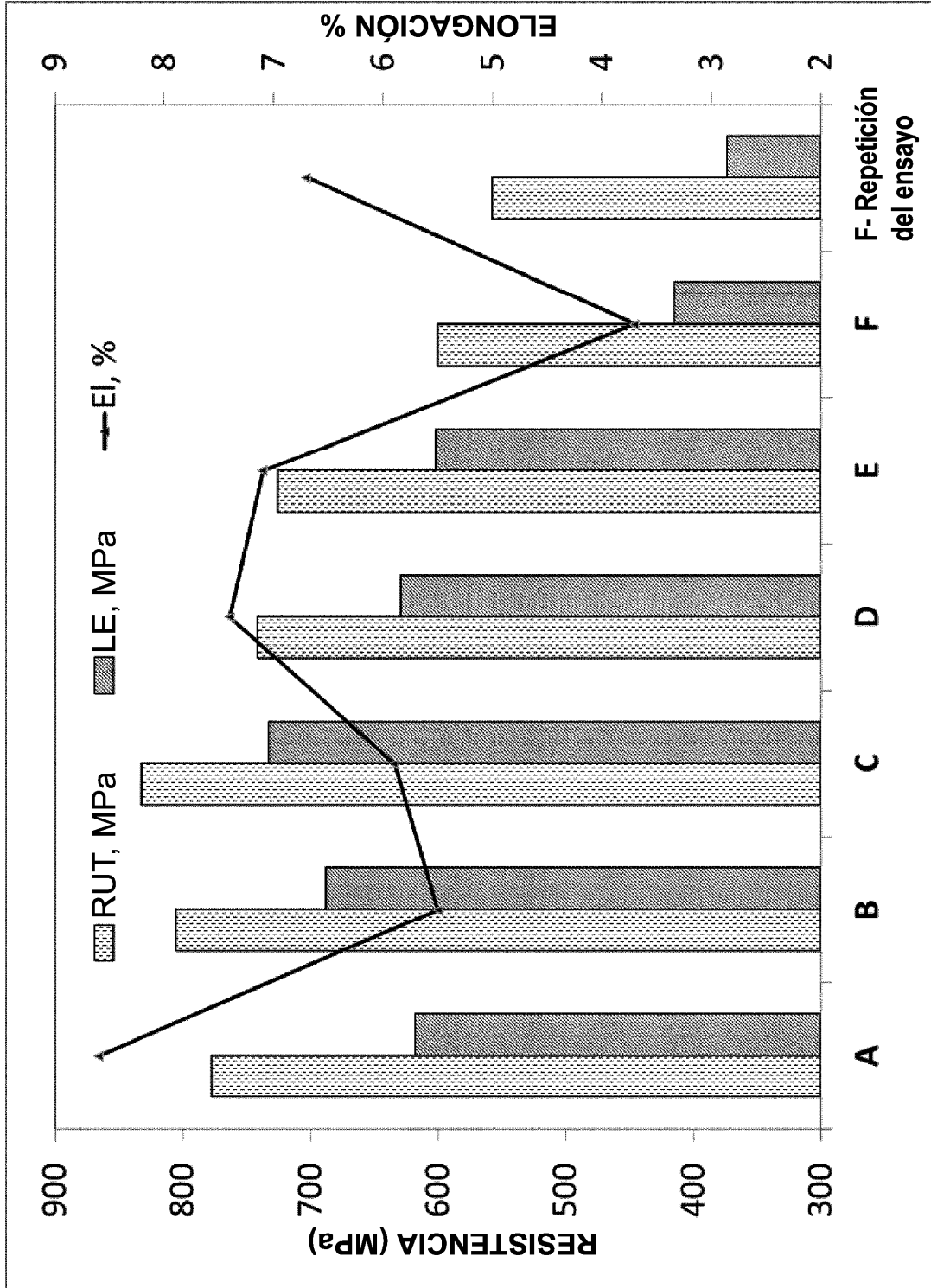


Figura 3: Comparación de las propiedades mecánicas de la aleación de la invención en diferentes condiciones de sinterización