

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 719 592**

51 Int. Cl.:

**C22C 38/30** (2006.01)

**C22C 33/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.09.2006 PCT/SE2006/050318**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.03.2007 WO07030079**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.09.2006 E 06784231 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.01.2019 EP 1922430**

54 Título: **Acero de alta velocidad fabricado mediante metalurgia de polvos**

30 Prioridad:

**08.09.2005 SE 0502016**

**27.10.2005 SE 0502442**

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

**11.07.2019**

73 Titular/es:

**ERASTEEL KLOSTER AKTIEBOLAG (100.0%)**

**815 82 Söderfors, SE**

72 Inventor/es:

**SUNDIN, STEFAN**

74 Agente/Representante:

**GARCÍA-CABRERIZO Y DEL SANTO, Pedro María**

**ES 2 719 592 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**

Acero de alta velocidad fabricado mediante metalurgia de polvos

5 CAMPO TÉCNICO

La invención se refiere a un acero de alta velocidad con una composición química que se define en las presentes reivindicaciones 1 y 2. El acero está destinado a utilizarse en aplicaciones de corte tales como taladros, fresas y sierras de cinta.

10 ANTECEDENTES

15 El acero destinado a aplicaciones de corte, tales como taladros, fresas y sierras de cinta, debe caracterizarse preferiblemente por una buena capacidad de rectificado y una alta resistencia del filo. Un ejemplo de un material con estas propiedades es el acero de alta velocidad fabricado convencionalmente denominado HS2-9-1-8, cuya composición química es 1,0-1,15 C; 7,50-9,0 Co; 3,50-4,50 Cr; 9,00-10,00 Mo; 0,90-1,5 V; 1,20-1,90 W y máx. 0,70 Si.

20 Los documentos GB 2 370 844 y WO-A 9526421 divulgan otras composiciones de acero adecuadas para ser procesadas por la vía de metalurgia de polvos. Los altos contenidos de Si en los aceros de alta velocidad fabricados de manera convencional a menudo resultarán en carburos grandes, los cuales afectarán negativamente a la capacidad de rectificado y a la resistencia de los filos, por ejemplo, una buena resistencia del filo contribuirá a una vida útil prolongada, a una vida útil uniforme y permitirá una alimentación a alta velocidad, es decir, una carga alta en el filo. Una buena capacidad de rectificado es importante principalmente en la fabricación de una herramienta a partir del acero, ya que el rectificado de los filos de corte, etc. es una operación que consume tiempo.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

30 Es un objeto de la presente invención proporcionar un material para su uso en aplicaciones de corte y que tenga propiedades mejoradas con respecto a la dureza y la resistencia de los filos. Esto se logra, de forma algo sorprendente, mediante un acero de alta velocidad que se caracteriza por estar fabricado por metalurgia de polvos y por tener un contenido de Si en el intervalo de  $0,7 < Si \leq 2$  % en peso. Además de esto, el material también debe cumplir con algunos de los siguientes criterios; debe tener una mejor tenacidad/resistencia, vida útil y capacidad de rectificado, al mismo tiempo que el material debe ser fácil de templar a máquina (por ejemplo, fresar con un cortador, girar y taladrar) como los materiales conocidos hoy en día para tales aplicaciones.

De acuerdo con la invención, el acero que se define por las reivindicaciones 1 y 2 presentes:

- 40 - comprende 1,5 Si como máximo, incluso más preferiblemente 1,1 Si como máximo.
- comprende 0,7-0,9 Si, preferiblemente 0,75-0,85 Si, más preferiblemente 0,78-0,82 Si.
- comprende un máximo de 1,5 C, preferiblemente de 1,0-1,15 C.
- comprende un máximo de 3,5-4,5 Cr, preferiblemente 3,7-4,0 Cr.
- comprende 6-12 Mo, preferiblemente 9-10 Mo, más preferiblemente 9,2-9,7 Mo.
- 45 - comprende 1-3 W, preferiblemente 1,2-1,9, lo más preferible 1,3-1,7 W.
- comprende un máximo de 12 Co, preferiblemente 7,5-9,0 Co, lo más preferible 7,7-8,2 Co.
- comprende 0,9-2,5 V, preferiblemente máximo 1,5 V, lo más preferible 1,1-1,2 V.
- se endurece a una temperatura de 1100-1200 °C.
- está diseñado para hojas de sierra bimetálicas, preferiblemente usando una temperatura de templado de 600-650 °C y un tiempo de templado en el rango de 0,5-10 min.
- 50 - está destinado a ser utilizado en otros tipos de operaciones de corte, preferiblemente usando una temperatura de templado de 500-600 °C y un tiempo de templado en el rango de 0,5-4 h.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

55 La Figura 1 es un diagrama que muestra la dureza en función de la temperatura del templado.  
La Figura 2 es un diagrama que muestra la tenacidad en función de la dureza, y  
La Figura 3 es un diagrama que muestra la dureza en la condición endurecida en función del contenido de Si.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

60 Sin restringir la invención a ninguna teoría particular, la importancia de los diversos elementos de aleación y de los diversos elementos estructurales para lograr el perfil de propiedad deseado, se explicará con más detalle. Los porcentajes siempre se dan en % en peso para elementos de aleación y en % en volumen para elementos estructurales, a menos que se indique lo contrario.

## ES 2 719 592 T3

- El carbono debe existir en un contenido de 0,6 a 2,1 %, más preferiblemente de 0,6 a 1,5 % y más preferiblemente de 1,0 a 1,15 %, para que, cuando se disuelve en la martensita, produzca una dureza en la condición endurecida y templada que es adecuada para la aplicación. Además, el carbono debería, en combinación con vanadio, contribuir a una cantidad adecuada de carburos MC precipitados primarios y, en combinación con tungsteno, molibdeno y cromo, contribuir al logro de una cantidad adecuada de carburos  $M_6C$  precipitados primarios en la matriz. El propósito de tales carburos es dar al material su resistencia deseable al desgaste. Además, contribuyen a dar al acero una estructura de grano fino, ya que los carburos pueden funcionar para limitar el crecimiento del grano. En una realización preferida de la invención, el contenido de carbono está en el intervalo de 1,06 a 1,10 %.
- 5
- 10 En cierta medida, el carbono puede ser reemplazado por nitrógeno que, por ejemplo, puede añadirse al material en relación con el procedimiento de fabricación, por ejemplo, en la atomización, si se utiliza gas nitrógeno como medio para la atomización y protección. Por consiguiente, se pueden lograr contenidos de nitrógeno de hasta aproximadamente 0,3 % en el acero mediante un procedimiento de fabricación por metalurgia de polvos. Por lo tanto, se entiende que los carburos formados en el acero también pueden contener una cierta cantidad de nitrógeno, lo que significa que la denominación "carburos" también debe comprender carbonitruros y/o nitruros.
- 15
- El silicio debe estar presente en un contenido de al menos 0,7 % con el propósito de dar al acero una combinación deseada de dureza, tenacidad y durabilidad abrasiva. Sin embargo, un mayor contenido de silicio puede conducir a un aumento de la cantidad de carburos  $M_6C$  precipitados primarios a expensas de los carburos precipitados secundarios tales como los carburos MC y  $M_2C$ . La dureza después del templado también puede verse afectada negativamente por altas cantidades de silicio, lo que significa que el acero debe contener preferiblemente no más del 2 %, más preferiblemente no más del 1,5 % y, más preferiblemente, no más del 1,0 % de Si.
- 20
- En una realización preferida de la invención, el contenido de silicio está en el intervalo de 0,7 a 0,9 %, más preferiblemente de 0,75 a 0,85% y, más preferiblemente, en el intervalo de 0,78 a 0,82 %.
- 25
- El manganeso también puede estar presente principalmente como un producto residual del procedimiento de fusión metalúrgico en el que el manganeso tiene el efecto conocido de dejar fuera de acción a las impurezas sulfúricas por la formación de sulfuros de manganeso. El contenido máximo de manganeso en el acero es de 3,0 %, preferiblemente no más de 0,5 % y nominalmente alrededor de 0,4 % de manganeso.
- 30
- El azufre puede estar presente en el acero como un producto residual de la fabricación del acero, en contenidos de hasta 800 ppm, sin afectar a las propiedades mecánicas del acero. El azufre se puede añadir deliberadamente como un elemento de aleación, hasta un máximo de 1 %, lo que contribuye a una mejor maquinabilidad.
- 35
- También el fósforo puede estar presente en el acero como producto residual de la fabricación del acero, en contenidos de hasta 800 ppm, sin afectar a las propiedades mecánicas del acero.
- 40
- El cromo debe existir en el acero en un contenido de al menos 3 %, preferiblemente al menos 3,5 %, para que, cuando se disuelva en la matriz del acero, contribuya a que el acero logre una dureza y tenacidad adecuadas después del endurecimiento y el templado. El cromo también puede contribuir a la resistencia al desgaste del acero al ser incluido principalmente en partículas de fase dura precipitadas, principalmente carburos  $M_6C$ . También otros carburos primariamente precipitados contienen cromo, pero no en la misma medida. Sin embargo, el exceso de cromo conlleva un riesgo de austenita residual que puede ser difícil de convertir, en particular en combinación con altas cantidades de silicio. Por este motivo, el acero no debe contener más del 5 % como máximo, preferiblemente no más del 4,5 % de cromo. En una realización preferida, el acero contiene de 3,7 a 4,0 % de cromo.
- 45
- El molibdeno y el tungsteno, al igual que el cromo, contribuirán a que la matriz del acero obtenga una dureza y una resistencia adecuadas después del endurecimiento y el templado. El molibdeno y el tungsteno también pueden incluirse en carburos primariamente precipitados del tipo  $M_6C$  de carburos y, como tales, contribuirán a la resistencia al desgaste del acero. También otros carburos primariamente precipitados contienen molibdeno y tungsteno, pero no en la misma medida. Los límites se eligen para que, mediante la adaptación a otros elementos de aleación, se obtengan las propiedades adecuadas. En principio, el molibdeno y el tungsteno pueden reemplazarse parcial o completamente entre sí, lo que significa que el tungsteno se puede reemplazar por la mitad de la cantidad de molibdeno, o el molibdeno se puede reemplazar por el doble de la cantidad de tungsteno. Un alto contenido de silicio puede llevar a un agotamiento del molibdeno en la martensita, y también a un agotamiento del tungsteno después del endurecimiento, hasta cierto punto, lo que conducirá a un deterioro de la dureza en el estado de endurecido y templado. Sin embargo, se ha demostrado para el acero de acuerdo con la invención que es beneficioso dejar que el contenido de molibdeno sea considerablemente mayor que el contenido de tungsteno, sobre todo teniendo en cuenta el contenido de silicio en el acero, por lo que se puede dar el acero una cantidad deseada de carburos precipitados secundarios. Por lo tanto, el contenido de molibdeno en el acero debería estar en el rango de 4 a 14 %, más preferiblemente de 6 a 12 %, y adecuadamente de 9 a 10 %. El contenido de tungsteno en el acero debe ser de un máximo de 5 %, más preferiblemente de 1 a 3 %, y adecuadamente de 1,2 a 1,9 %. En una realización preferida, el acero contiene 9,2 a 9,7 % de molibdeno y 1,3 a 1,7 % de tungsteno.
- 50
- 55
- 60

La presencia opcional de cobalto en el acero depende del uso previsto del acero. Para aplicaciones en las que el acero se usa normalmente a temperatura ambiente o normalmente no se calienta a temperaturas particularmente altas en uso, el acero no debe contener cobalto añadido deliberadamente, ya que el cobalto reduce la tenacidad del acero. Si el acero se va a usar en herramientas de corte de viruta, para las cuales la dureza en caliente es importante, es, sin embargo, adecuado que contenga cantidades considerables de cobalto, que en ese caso se puede permitir en contenidos de hasta el 15 %, más preferiblemente no más del 12 %. Para alcanzar la dureza en caliente deseada, un contenido adecuado de cobalto se encuentra en el rango de 7,5 a 9 %. En una realización preferida, el acero contiene 7,7 a 8,2 % de cobalto.

El vanadio debe existir en el acero con un contenido de al menos 0,5 y 4 % como máximo, para formar carburos de vanadio muy duros junto con carbono, es decir, materiales duros del tipo MC. Para evitar carburos MC más grandes, que tienen una influencia negativa en la capacidad de rectificado del acero, el acero preferiblemente no debe contener más del 2,5 %, y aún más preferiblemente no más del 1,5 % de vanadio. Para lograr un endurecimiento secundario deseado, el acero debe contener al menos 0,9 % de vanadio. En una realización preferida, el acero contiene de 1,1 a 1,2 % de vanadio.

Opcionalmente, el vanadio puede ser reemplazado total o parcialmente por niobio, pero de manera adecuada el acero no contiene niobio añadido deliberadamente ya que puede complicar el manejo de la chatarra en una fábrica de acero.

Además, el acero de acuerdo con la invención no debería contener ningún elemento de aleación adicional añadido deliberadamente. El cobre, el níquel, el estaño y el plomo y los formadores de carburo como el titanio, el circonio y el aluminio pueden permitirse en un contenido total de no más del 1 %. Además de estos y los elementos mencionados anteriormente, el acero no contiene más elementos que las impurezas inevitables y otros productos residuales del tratamiento metalúrgico fundido del acero.

El acero de la invención se fabrica utilizando prensado isostático en caliente. Las cápsulas están rellenas de polvo metálico. El polvo metálico es preferiblemente prealeado, pero también es posible usar una mezcla de diferentes polvos para que el acero final contenga las cantidades apropiadas de elementos de aleación. Después del llenado, se sellan las cápsulas. Las cápsulas se prensan después en una prensa isostática fría, por ejemplo, Asea QI 100, a una presión de al menos 1000 bar, preferiblemente alrededor de 4000 bar. Las cápsulas se colocan después en un horno de precalentamiento, donde la temperatura se eleva gradualmente a una temperatura de 900-1250 °C, por ejemplo, 1130 °C, sin someterlas a ninguna presión aplicada externamente. Después del precalentamiento, las cápsulas se transfieren a una prensa isostática caliente, por ejemplo, HIPen Asea QI 80, donde una presión al menos superior a 500 bar, por ejemplo, 1000 bar, se aplica a una temperatura de 900-1250 °C, por ejemplo, 1150 °C. La temperatura se controla para que el material se consolide sin presencia de fase líquida. La consolidación del material sin presencia de fase líquida limita el crecimiento de los carburos, lo que mejora la capacidad de rectificado y la resistencia del filo. (Por ejemplo, también es posible lograr una consolidación del material sin presencia de fase líquida mediante el uso de la extrusión). El material de acero ahora está terminado para tratamientos adicionales como forja, laminado, templado, etc., normalmente utilizados en la industria de fabricación de acero. Una persona experta en la materia se da cuenta de que el paso de la prensa isostática en frío, así como el siguiente paso de precalentamiento, se utilizan principalmente por razones económicas del procedimiento y sería muy posible transferir las cápsulas selladas directamente a las prensas isostáticas en caliente sin un prensado en frío o precalentamiento previo.

#### Microestructura

El acero de acuerdo con la invención debe tener un contenido de carburos MC de no más del 8 % en volumen, preferiblemente no más del 5 % en volumen, y aún más preferiblemente no más del 3 % en volumen, donde al menos el 80 %, preferiblemente al menos el 90 %, y aún más preferiblemente, al menos el 95 % de los carburos de MC tienen un tamaño de carburo en la extensión más larga del carburo de no más de 4 µm, preferiblemente no más de 3,5 µm, e incluso más preferiblemente no más de 3 µm. La composición del acero también debe estar equilibrada con respecto a los elementos formadores de carburo M<sub>6</sub>C, cromo, molibdeno y tungsteno, de modo que el contenido en el acero de los carburos M<sub>6</sub>C no sea superior al 25 % en volumen, preferiblemente no más de 20 % en volumen e incluso más preferiblemente no más del 17 % en volumen, donde al menos el 80 %, preferiblemente el 90 %, e incluso más preferiblemente al menos el 95 % de los carburos M<sub>6</sub>C tienen un tamaño de carburo en la extensión más larga del carburo de no más de 9 µm, preferiblemente no más de 7 µm, e incluso más preferiblemente no más de 5 µm.

En una realización preferida de la invención, el acero de alta velocidad se caracteriza por tener un contenido de carburos MC de no más del 3 % en volumen, donde al menos el 99 % de los carburos MC tienen un tamaño de carburo en la extensión más larga del carburo de no más de 3,5 µm y un contenido de carburos M<sub>6</sub>C de no más de 17 % en volumen, donde al menos el 99 % de los carburos M<sub>6</sub>C tienen un tamaño de carburo en la extensión más larga del carburo de no más de 7 µm, preferiblemente no más de 5 µm.

El acero de alta velocidad de acuerdo con la invención tiene una dureza Brinell en su condición de recocido suave de aproximadamente 250-270 HB, que es comparable con un acero de alta velocidad fabricado de manera convencional del tipo HS2-9-1-8, y lo cual es importante, ya que demuestra que el material debe ser fácil de templar a máquina (por ejemplo, fresar con un cortador, girar y taladrar) como lo es un material de fabricación convencional del tipo HS2-9-1-8.

El acero de acuerdo con la invención tiene una microestructura que, en estado endurecido y templado, consiste en una estructura de martensita templada que contiene carburos MC y carburos M<sub>6</sub>C que se distribuyen uniformemente en la martensita, que puede obtenerse mediante el endurecimiento del producto a partir de una temperatura de austenización de entre 1100 y 1200 °C, enfriamiento a temperatura ambiente y templado a 500-650 °C. Dependiendo del campo de aplicación, la operación de templado se adapta para obtener una combinación deseada de propiedades para el propósito. Si el acero está destinado para hojas de sierra bimetálicas, se usan adecuadamente una temperatura de templado de 600-650 °C y un tiempo de templado en el rango de 0,5-10 min. Si el acero se destina a otros tipos de operaciones de corte, como la fabricación de brocas, fresas, sierras u otras herramientas sólidas, se usan adecuadamente una temperatura de templado de 500-600 °C y un tiempo de templado de 0,5-4 h. Por "herramientas sólidas" se entienden las herramientas fabricadas de un solo material pero que pueden tener una superficie recubierta con algún otro material, como nitruro de titanio, nitruro de titanio y aluminio, como una capa superficial comparativamente delgada. Mediante un tratamiento térmico de este tipo, se puede obtener un acero con una microestructura que le da al acero una buena resistencia en combinación con una buena dureza, una mejor tenacidad, vida útil y capacidad de rectificado. Se puede lograr una dureza en el rango de 65-71 HRC en estado endurecido y templado, que es de una magnitud de 1-2 unidades HRC más que los aceros de alta velocidad conocidos hoy en día para aplicaciones de corte.

## 25 DESCRIPCIÓN DE LOS EXPERIMENTOS

Se fabricaron 10 toneladas de acero de alta velocidad (acero A) en una prueba a gran escala, a partir del cual se fabricó acero en polvo mediante atomización con gas nitrógeno. Las cápsulas se fabricaron a partir del polvo, las cápsulas se compactaron con HIP:ing. El acero se comparó con un material de referencia (acero B), que era un material de fabricación convencional del tipo HS2-9-1-8. La composición química de los materiales analizados se muestra en la siguiente Tabla 1.

Tabla 1

Acero	C	Si	Mn	Cr	Mo	W	Co	V
A	1,09	0,78	0,24	3,77	9,35	1,58	7,82	1,20
B	1,08	0,32	0,26	3,86	9,36	1,46	7,86	1,14

El diagrama de la Figura 1 muestra la dureza en función de la temperatura de templado para el acero de acuerdo con la invención en comparación con el material de referencia HS2-9-1-8. De la figura se desprende claramente que el material de acuerdo con la invención, cuando se endurece a 1100-1200 °C y se temple en el rango de 500-580 °C, 3 x 1 h, alcanza una dureza en el rango de 65-71 HRC. Todos los aceros de acuerdo con la invención tienen una dureza que es de una magnitud de 1-2 unidades HRC más alta que el material de referencia. También se puede obtener una dureza en el rango de 65-71 HRC a una temperatura de templado de 650 °C, pero entonces con un tiempo de templado considerablemente más corto.

El diagrama de la Figura 2 muestra la tenacidad en función de la dureza, y está claro que también a este respecto el acero de alta velocidad de acuerdo con la invención tiene una mejor dureza que el material de referencia con una resistencia al impacto comparable, o una mejor resistencia al impacto con una resistencia comparable.

El diagrama de la Figura 3 muestra la dureza después del endurecimiento a 1180 °C y el templado a 560 °C, 3 x 1 h, en función del contenido de Si para el acero de alta velocidad de acuerdo con la invención, y está claro que se encuentra un óptimo para los contenidos de Si en el rango de 0,7-0,9 % en peso.

En pruebas de sierra comparativas entre el acero de alta velocidad de acuerdo con la invención y el material de referencia, también se ha demostrado que las hojas de sierra para sierras de cinta hechas de acero de alta velocidad de acuerdo con la invención tienen aproximadamente un 30 % más de vida útil en las pruebas con aserrado en un acero de alta velocidad de baja aleación llamado E MAT II (denotación del solicitante), y hasta un 20 % más de vida útil en pruebas con aserrado en acero inoxidable, lo que debe considerarse como resultados sorprendentemente buenos. Por consiguiente, un acero de acuerdo con la invención proporciona un acero de alta velocidad con un perfil de propiedades considerablemente mejoradas, que sobre todo hace que el acero sea adecuado para uso en aplicaciones de corte.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento de producción de un acero de alta velocidad fabricado por metalurgia de polvos para aplicaciones de corte que tiene una composición química que comprende, en % en peso:

- 5 0,6- 2,1 C + N,  
 máx. 0,3 N,  
 3-5 Cr,  
 4-14 Mo,  
 10 máx. 3 W,  
 máx. 15 Co,  
 0,5-4 Nb + V,  
 0,7-2 Si,  
 máx. 3 Mn,  
 15 máx. 1 S,  
 máx. 800 ppm P,  
 máx. 1 Cu + Ni + Sn + Pb + Ti + Zr + Al,  
 siendo el resto Fe e impurezas inevitables.  
 comprendiendo dicho procedimiento las siguientes etapas:

- 20 a) llenado de una cápsula con polvo metálico que comprende hierro y los elementos de aleación de acuerdo con la composición química del acero,  
 b) sellado de la cápsula,  
 25 c) prensado isostático en caliente de la cápsula en una prensa isostática en caliente, a una presión de al menos por encima de 500 bar y una temperatura HIP de 900-1250 °C, consolidando el material de acero sin presencia de fase líquida,  
 d) endurecimiento a 1100-1200 °C, y  
 e) templado en el rango de 500-600 °C dentro de un rango de tiempo de templado de 0,5-4 h,

30 para obtener así un acero de alta velocidad con una dureza de 65-71 HRC, y un contenido de carburos de MC de no más de 8 % en volumen, donde al menos el 80 % de los carburos MC tienen un tamaño de carburo en la extensión más larga del carburo de no más de 4 µm, y un contenido de carburos M<sub>6</sub>C de no más del 25 % en volumen, donde al menos el 80 % de los carburos M<sub>6</sub>C tienen un tamaño de carburo en la extensión más larga del carburo de no más de 9 µm, para fabricar brocas, fresas, sierras u otras herramientas sólidas.

35 2. Procedimiento de producción de un acero de alta velocidad fabricado por metalurgia de polvos para aplicaciones de corte que tiene una composición química que comprende, en % en peso:

- 40 0,6- 2,1 C + N,  
 máx. 0,3 N,  
 3-5 Cr,  
 4-14 Mo,  
 máx. 3 W,  
 máx. 15 Co,  
 45 0,5-4 Nb + V,  
 0,7-2 Si,  
 máx. 3 Mn,  
 máx. 1 sS  
 máx. 800 ppm P,  
 50 máx. 1 Cu + Ni + Sn + Pb + Ti + Zr + Al,  
 siendo el resto Fe e impurezas inevitables.  
 comprendiendo dicho procedimiento las siguientes etapas:

- 55 a) llenado de una cápsula con polvo metálico que comprende hierro y los elementos de aleación de acuerdo con la composición química del acero,  
 b) sellado de la cápsula,  
 c) prensado isostático en caliente de la cápsula en una prensa isostática en caliente, a una presión de al menos más de 500 bar y una temperatura HIP de 900-1250 °C, consolidando el material de acero sin presencia de fase líquida,  
 60 d) endurecimiento a 1100-1200 °C, y  
 e) templado a 600-650 °C de 0,5-10 min,

para obtener así un acero de alta velocidad con una dureza de 65-71 HRC, y un contenido de carburos de MC de no más del 8 % en volumen, donde al menos el 80 % de los carburos MC tienen un tamaño de carburo en la extensión

más larga del carburo de no más de 4  $\mu\text{m}$ , y un contenido de carburos  $\text{M}_6\text{C}$  de no más del 25 % en volumen, donde al menos el 80 % de los carburos  $\text{M}_6\text{C}$  tienen un tamaño de carburo en la extensión más larga del carburo de no más de 9  $\mu\text{m}$ , para fabricar hojas de sierra bimetálicas.

- 5 3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que entre la etapa b) y la etapa c) la cápsula se presiona isostáticamente en frío en una prensa isostática fría.
4. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en el que antes de la etapa c) la cápsula se precalienta en un horno de precalentamiento, aumentando gradualmente la temperatura del horno a una temperatura cercana a la temperatura HIP utilizada en la etapa c).
- 10 5. Herramienta de corte fabricada de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-4.
6. Herramienta de corte de acuerdo con la reivindicación 5, que tiene un contenido de carburos MC de no más del 5 % en volumen, y aún más preferiblemente, no más del 3 % en volumen, donde al menos el 90 %, e incluso más preferiblemente al menos el 95 % de los carburos de MC tiene un tamaño de carburo en la extensión más larga del carburo de no más de 3,5  $\mu\text{m}$ , y aún más preferiblemente no más de 3  $\mu\text{m}$ , y que tiene un contenido de carburos  $\text{M}_6\text{C}$  de no más de 20 % en volumen e incluso más preferiblemente no más del 17 % en volumen, donde al menos el 90 %, e incluso más preferiblemente al menos el 95 % de los carburos  $\text{M}_6\text{C}$  tienen un tamaño de carburo en la extensión más larga del carburo, no más de 7  $\mu\text{m}$ , e incluso más preferiblemente no más de 5  $\mu\text{m}$ .
- 15 20 7. Herramienta de corte de acuerdo con la reivindicación 5, que tiene un contenido de carburos MC de no más del 3 % en volumen, donde al menos el 99 % de los carburos MC tienen un tamaño de carburo en la extensión más larga del carburo de no más de 3,5  $\mu\text{m}$ , y que tiene un contenido de carburos  $\text{M}_6\text{C}$  de no más del 17 % en volumen, donde al menos el 99 % de los carburos  $\text{M}_6\text{C}$  tiene un tamaño de carburo en la extensión más larga del carburo de no más de 7  $\mu\text{m}$ , preferiblemente no más de 5  $\mu\text{m}$ .
- 25

Fig. 1

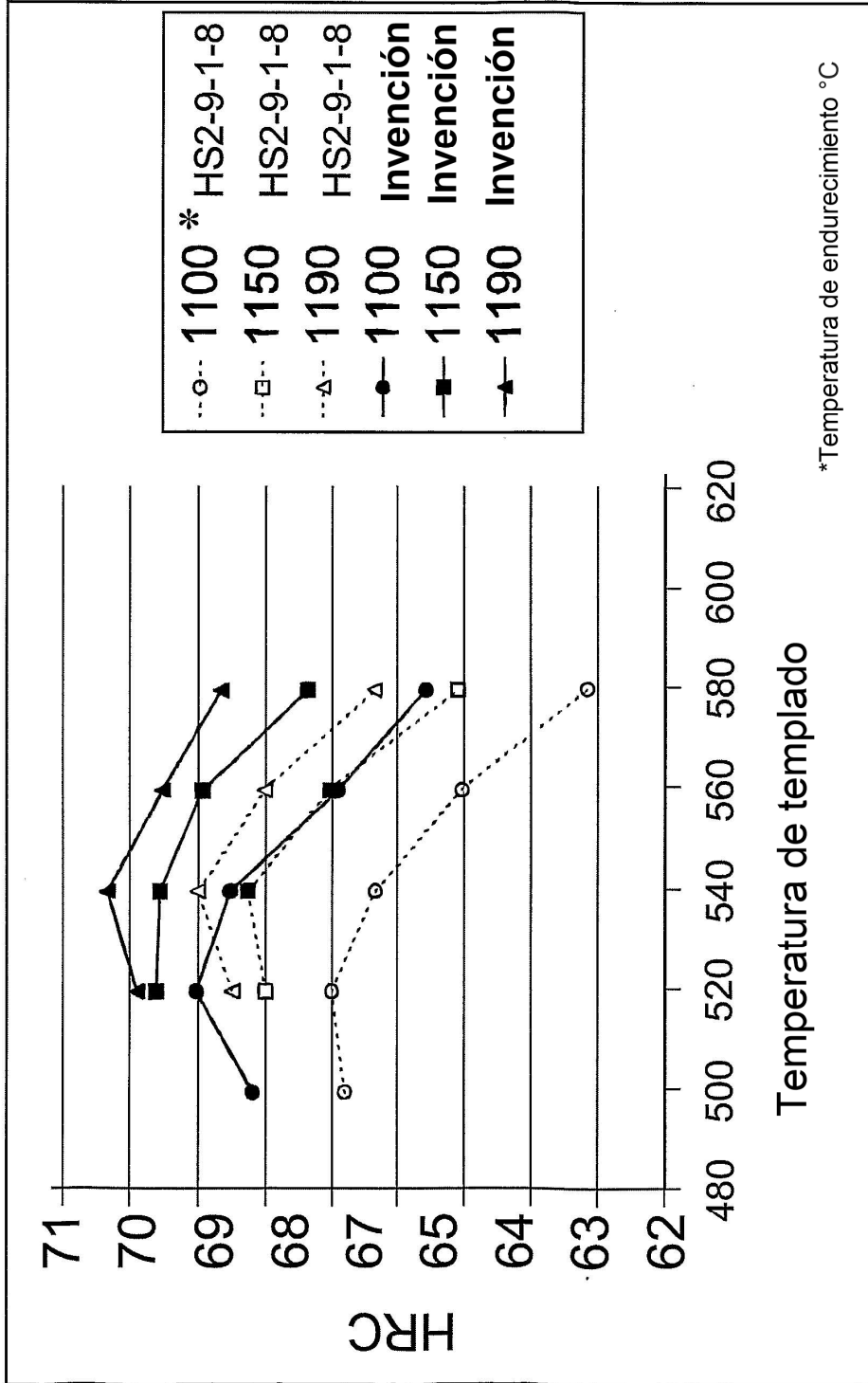




Fig. 2

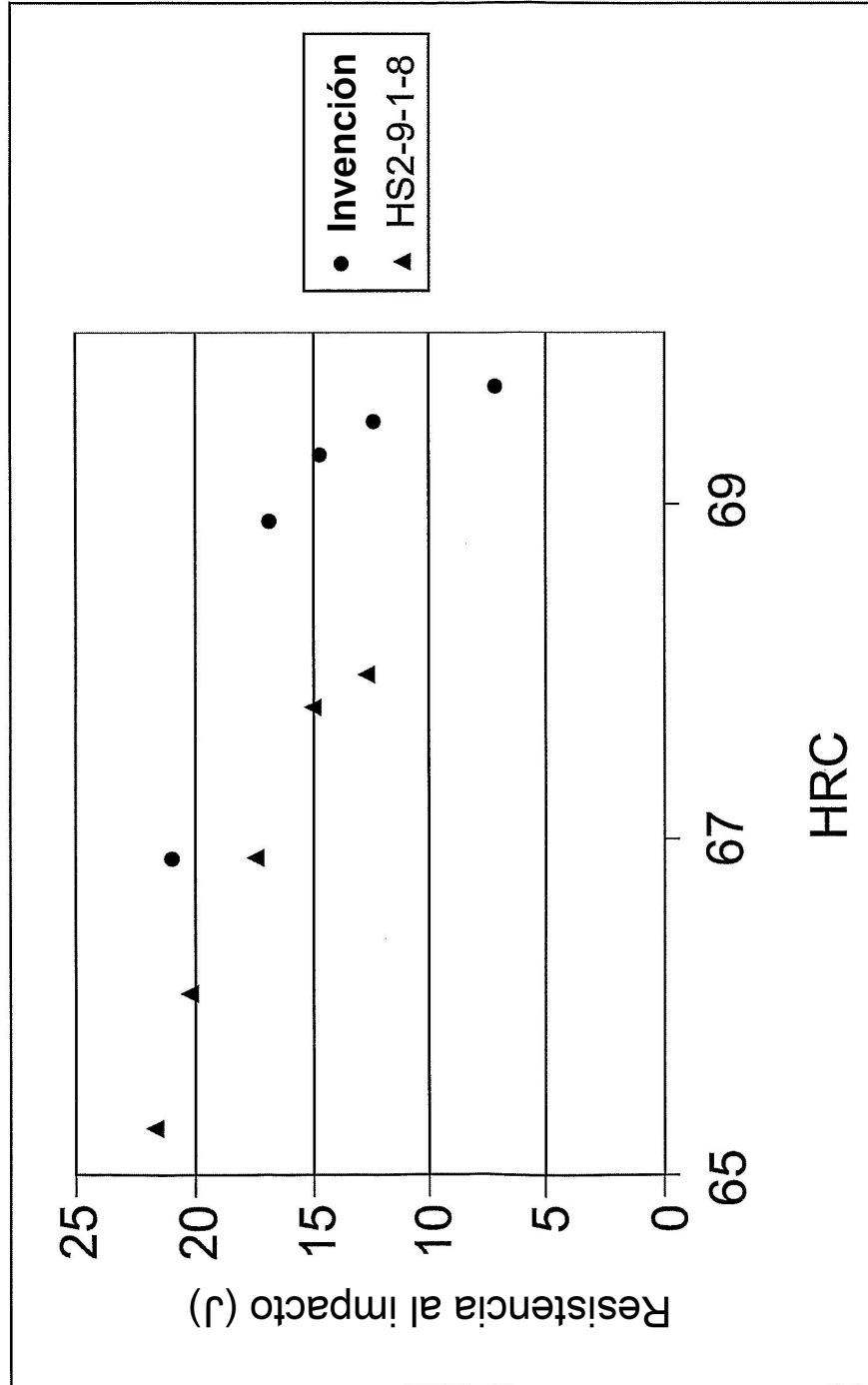


Fig. 3

