

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 796 354**

51 Int. Cl.:

<b>C22C 38/02</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/44</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/04</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/46</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/06</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/48</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/18</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/50</b>	(2006.01)
<b>C21D 9/46</b>	(2006.01)	<b>C21C 5/00</b>	(2006.01)
<b>C21D 8/12</b>	(2006.01)	<b>C21C 7/068</b>	(2006.01)
<b>C21D 7/02</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/00</b>	(2006.01)
<b>C21D 6/00</b>	(2006.01)		
<b>C21D 9/18</b>	(2006.01)		
<b>C22C 38/42</b>	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.04.2016 PCT/EP2016/059684**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **22.09.2016 WO16146857**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.04.2016 E 16724302 (1)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.03.2020 EP 3289109**

54 Título: **Acero inoxidable martensítico, procedimiento de fabricación de un semiproducto de este acero y herramienta de corte realizada a partir de este semiproducto**

30 Prioridad:  
**30.04.2015 WO PCT/IB2015/053144**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**26.11.2020**

73 Titular/es:  
**APERAM (100.0%)  
12C rue Guillaume Kroll  
1882 Luxembourg, LU**

72 Inventor/es:  
**CHASSAGNE, FRANCIS y  
HAEGELI, FRANÇOISE**

74 Agente/Representante:  
**SALVÀ FERRER, Joan**

ES 2 796 354 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 inoxidable martensítico, procedimiento de fabricación de un semiproducto de este acero y herramienta de corte realizada a partir de este semiproducto

5

**[0001]** La invención se refiere a un acero inoxidable martensítico. Este acero está destinado principalmente a la fabricación de herramientas de corte, especialmente de artículos de cuchillería, tales como bisturíes, hojas de tijeras u hojas de cuchillos u hojas de robots de cocina.

10 **[0002]** Los aceros destinados a la cuchillería deben presentar una resistencia a la corrosión, una aptitud para el pulido y una dureza elevadas.

15 **[0003]** Los aceros inoxidables martensíticos usados actualmente para fabricar las hojas de las herramientas de corte, tales como los aceros de tipos EN 1.4021, EN 1.4028 y EN 1.4034, tienen contenidos de Cr inferiores o iguales al 14 o al 14,5% en peso y contenidos de C variables, por ejemplo el 0,16%-0,25% para el EN 1.4021, el 0,26-0,35% para el EN 1.4028 y el 0,43-0,50% para el EN 1.4034. El nivel de dureza del acero depende principalmente de este contenido de C.

20 **[0004]** Cuando se busca una resistencia a la corrosión todavía mejor, puede usarse la clase EN 1.4419 del 0,36-0,42% de C, el 13,0-14,5% de Cr y el 0,60-1,00% de Mo.

25 **[0005]** Durante sus fabricaciones, estos aceros se elaboran normalmente en un convertidor AOD o VOD, después se someten a colado en continuo en forma de desbastes, de lingotes desbastados o de palanquillas y después se laminan en caliente para producir una bobina, una barra laminada o una varilla de alambre. A continuación experimentan un recocido con el fin de obtener una estructura ferrítica que contiene carburos, que sea suficientemente dulce para permitir realizar un laminado en frío para los productos planos, o para facilitar el aserrado antes del forjado del semiproducto laminado en caliente para los productos largos.

30 **[0006]** A continuación se somete el producto a recocido de recristalización. En este estado suavizado de ferrita recristalizada que contiene carburos, el producto se corta para conferirle su forma final, por ejemplo la de una hoja de cuchillo, antes de someterse a un tratamiento térmico que comprende una austenización a alta temperatura, normalmente entre 950°C y 1.150°C, seguida de un templado hasta la temperatura ambiente que conduce a una estructura mayoritariamente martensítica.

35 **[0007]** En este estado martensítico el producto presenta una dureza elevada, tanto más cuanto más importante es el contenido de carbono, pero presenta también una gran fragilidad. Entonces se efectúa un tratamiento de revenido, normalmente entre 100°C y 300°C, para reducir la fragilidad sin disminuir demasiado la dureza. A continuación se somete la hoja a diversas operaciones entre ellas un afilado y un pulido para conferirle su calidad de corte y su aspecto estético.

40

**[0008]** Ninguna de las cuatro clases citadas permite a la vez una buena resistencia a la corrosión, un buen estado de superficie y una dureza elevada, a un coste razonable.

45 **[0009]** La clase EN 1.4419 tiene una buena resistencia a la corrosión y una dureza elevada, pero tiene un coste prohibitivo debido a la adición de Mo en gran cantidad.

50 **[0010]** La clase EN 1.4034 presenta una dureza elevada, pero también un aspecto superficial mediocre después del pulido, a causa de la presencia en gran número de carburos no disueltos durante la austenización, debido al contenido elevado de C de esta clase. La resistencia a la corrosión es insuficiente ya que el contenido de Cr no es suficientemente elevado en la matriz, en la medida en que una parte del Cr está atrapada en los carburos no disueltos. Además sucede regularmente que en el filo de la hoja se asienta una corrosión cavernosa, proveniente de la decohesión de grandes carburos primarios que aparecen al final de la solidificación en colada continua.

55 **[0011]** Las clases con menor carga de C EN 1.4021 y 1.4028 tienen durezas más bajas, sin que tengan sin embargo una resistencia a la corrosión suficiente debido a contenidos de Cr demasiado bajos.

60 **[0012]** El documento WO-A-2014/014246 describe un acero inoxidable martensítico y su procedimiento de fabricación, destinado a la cuchillería. Se fabrica por colada de bandas finas. Su composición en % en peso es C = 0,4-0,5%, N = 0,1-0,2%, Cr = 13-15%, Si = 0,1%-1,0%, Mn = 0,1%-1,0%, Ni ≤ 1%; C+N ≥ 0,5%, N/C ≥ 0,2%, siendo el resto Fe e impurezas. Los carburos residuales tienen un tamaño de 10 µm o menos y la dureza es de al menos 55 HRC.

65 **[0013]** El documento EP-A-0 638 658 describe un acero inoxidable martensítico para instrumentos quirúrgicos de alto contenido de Mo (1-2,5%) y que contiene obligatoriamente V, y cuyo esquema de elaboración incluye una refusión bajo escoria electroconductora.

**[0014]** El documento WO-A-2012/137070 describe un acero inoxidable austenítico de actividad antimicrobiana para fabricar cuchillos e instrumentos quirúrgicos, en los cuales pueden estar presentes varios elementos en intervalos muy amplios. Contiene siempre V, Mo en cantidad significativa e incluso masiva y W.

5

**[0015]** También es el caso del documento CN-A-101 768 700.

**[0016]** La presente invención tiene como objetivo resolver los problemas mencionados anteriormente. Está dirigida en particular a proponer un acero inoxidable martensítico para herramienta de corte lo más económico posible, que sin embargo presente a la vez una buena resistencia a la corrosión, una buena aptitud para el pulido y una dureza elevada.

10

**[0017]** Para este fin, la invención tiene por objetivo un acero martensítico, caracterizado porque su composición consiste en, en porcentajes en peso:

15

-  $0,10\% \leq C \leq 0,45\%$ ; preferentemente  $0,20\% \leq C \leq 0,38\%$ ; mejor  $0,20\% \leq C \leq 0,35\%$ ; óptimamente  $0,30\% \leq C \leq 0,35\%$ ; - trazas  $\leq Mn \leq 1,0\%$ ; preferentemente trazas  $\leq Mn \leq 0,6\%$ ;

- trazas  $\leq Si \leq 1,0\%$ ;

- trazas  $\leq S \leq 0,01\%$ ; preferentemente trazas  $\leq S \leq 0,005\%$ ;

20

- trazas  $\leq P \leq 0,04\%$ ;

-  $15,0\% \leq Cr \leq 18,0\%$ ; preferentemente  $15,0 \leq Cr \leq 17,0\%$ ; mejor  $15,2\% \leq Cr \leq 17,0\%$ ; mejor todavía  $15,5\% \leq Cr \leq 16,0\%$ ;

- trazas  $\leq Ni \leq 0,50\%$ ;

- trazas  $\leq Mo \leq 0,50\%$ ; preferentemente trazas  $\leq Mo \leq 0,1\%$ ; mejor trazas  $\leq Mo \leq 0,05\%$ ;

25

- trazas  $\leq Cu \leq 0,50\%$ ; preferentemente trazas  $\leq Cu \leq 0,3\%$ ;

- trazas  $\leq V \leq 0,50\%$ ; preferentemente trazas  $\leq V \leq 0,2\%$ ;

- trazas  $\leq Nb \leq 0,03\%$ ;

- trazas  $\leq Ti \leq 0,03\%$ ;

- trazas  $\leq Zr \leq 0,03\%$ ;

30

- trazas  $\leq Al \leq 0,010\%$ ;

- trazas  $\leq O \leq 0,0080\%$ ;

- trazas  $\leq Pb \leq 0,02\%$ ;

- trazas  $\leq Bi \leq 0,02\%$ ;

- trazas  $\leq Sn \leq 0,02\%$ ;

35

-  $0,10\% \leq N \leq 0,20\%$ ; preferentemente  $0,15\% \leq N \leq 0,20\%$ ;

-  $C + N \geq 0,25\%$ ; preferentemente  $C + N \geq 0,30\%$ ; mejor  $C + N \geq 0,45\%$ ;

-  $Cr + 16 N - 5 C \geq 16,0\%$ ;

- preferentemente  $17 Cr + 500 C + 500 N \leq 570\%$ ;

40

siendo el resto hierro e impurezas resultantes de la elaboración.

**[0018]** Su microestructura incluye, preferentemente, al menos el 75% de martensita. La invención tiene asimismo por objeto un procedimiento de fabricación de un semiproducto de acero inoxidable martensítico, caracterizado porque:

45

- se elabora y se realiza la colada de un semiproducto en un acero que tiene la composición anterior;

- se calienta dicho semiproducto a una temperatura superior o igual a  $1.000^{\circ}\text{C}$ ;

- se lamina en caliente para obtener una chapa, una barra o una varilla de alambre;

- se somete a recocido dicha chapa, dicha barra o dicha varilla de alambre a una temperatura comprendida entre  $700$

50

y  $900^{\circ}\text{C}$ ;

- y se ejecuta una operación de conformación en dicha chapa, dicha barra o dicha varilla de alambre.

**[0019]** Dicho semiproducto puede ser una chapa, y dicha operación de conformación puede ser un laminado en frío.

55

**[0020]** Dicho semiproducto puede ser una barra o una varilla de alambre, y dicha operación de conformación puede ser un forjado.

**[0021]** Dicho semiproducto conformado, si su contenido de Cr está comprendido entre el 15 y el 17%, puede ser austenizado a continuación entre  $950$  y  $1.150^{\circ}\text{C}$ , después enfriado a una velocidad de al menos  $15^{\circ}\text{C/s}$  hasta una temperatura inferior o igual a  $20^{\circ}\text{C}$  y después se somete a un revenido a una temperatura comprendida entre  $100$  y  $300^{\circ}\text{C}$ .

60

**[0022]** Dicho semiproducto conformado puede ser austenizado a continuación entre  $950$  y  $1.150^{\circ}\text{C}$ , después enfriado a una velocidad de al menos  $15^{\circ}\text{C/s}$  hasta una temperatura inferior o igual a  $20^{\circ}\text{C}$ , después se somete a un

65

tratamiento criogénico a una temperatura de -220 a -50°C y después a un revenido a una temperatura comprendida entre 100 y 300°C.

5 **[0023]** La invención tiene asimismo por objeto una herramienta de corte, caracterizado porque se ha fabricado a partir de un semiproducto preparado según el procedimiento anterior.

**[0024]** La herramienta de corte puede ser un artículo de cuchillería tal como una hoja de cuchillo, una hoja de robot de cocina, un bisturí o una hoja de tijeras.  
 Como se habrá entendido, la invención consiste en usar, para fabricar la herramienta de corte, un acero inoxidable  
 10 martensítico de composición particular, libre de elementos costosos en contenidos elevados, pero que contiene cantidades de nitrógeno relativamente importantes situadas en una gama bien definida. Asimismo, es necesario un equilibrado particular de los contenidos de Cr, C y N.

**[0025]** Otras características y ventajas de la invención aparecerán en el curso de la descripción mostrada a  
 15 continuación a modo de ejemplo y hecha en referencia a la figura 1 anexa, que muestra la evolución de la dureza Vickers del acero bajo una carga de 1 kg, en función de la tasa de martensita después de austenización, templado y revenido, de un acero según la invención.

**[0026]** En la medida en que se refiere a la composición química del acero según la invención, se avanzan las  
 20 justificaciones siguientes. Debe estar claro que las gamas de contenidos de los diversos elementos contemplados como preferentes son independientes unas de otras, y que puede plantearse cualquier combinación de las gamas definidas en la descripción que se ofrece a continuación en el marco de la invención, siempre que los contenidos individuales de C, N y Cr que harían posibles simultáneamente puedan respetar las relaciones que deben relacionarlos según la invención.

25 **[0027]** C aumenta la dureza en el estado martensítico después de austenización, templado y revenido. Sin embargo también favorece la precipitación de carburos primarios  $M_7C_3$  en el curso de la solidificación, que pueden desprenderse durante el pulido o el afilado de la hoja, lo que degrada el aspecto superficial del producto. Los sitios en los que se encontraban antes del pulido también pueden convertirse en asiento de una corrosión cavernosa. Un  
 30 contenido de C excesivo también conduce, según la temperatura de austenización, bien a un contenido de C demasiado elevado en la matriz austenítica que no permite ya obtener una fracción suficiente de martensita después del templado o bien a persistencia de carburos  $M_{23}C_6$  no disueltos que empobrecen la matriz austenítica de Cr. Así reducen la resistencia a la corrosión y perjudican la capacidad de pulido.

35 **[0028]** El contenido de C debe ser así de al menos el 0,10% para obtener una dureza suficiente y de como máximo el 0,45% para obtener una buena resistencia a la corrosión y un aspecto superficial satisfactorio después del pulido. Según el procedimiento de colada y de solidificación empleado, puede demostrarse útil sin embargo limitar un poco más el contenido máximo de C, para el caso en que con este procedimiento se incurra en el riesgo de no  
 40 garantizar una homogeneidad del acero en curso de solidificación que sería suficiente para evitar una precipitación de carburos primarios  $M_7C_3$ . En este caso, se aconseja limitar el contenido de C al 0,38%. Preferentemente  $0,20\% \leq C \leq 0,38\%$ , mejor  $0,20\% \leq C \leq 0,35\%$ , óptimamente  $0,30\% \leq C \leq 0,35\%$ .

**[0029]** La gama óptima, en particular, permite tener una dureza elevada limitando la formación de carburos en  
 45 proporciones aceptables, de manera que la posible pérdida de dureza proviene de la disminución del contenido máximo de C con respecto a la gama más general que puede compensarse por una presencia de nitrógeno suficiente para este fin, como se verá más adelante.

**[0030]** Además, el contenido de C debe satisfacer fórmulas que lo vinculan con el contenido de N y con los  
 50 contenidos de N y Cr, como se explicará más adelante.

**[0031]** Mn es un elemento llamado gammagénico, ya que estabiliza la estructura austenítica. Un contenido  
 excesivo de Mn conduce a una tasa de martensita insuficiente después del tratamiento de austenización y templado,  
 que conduce a un descenso de la dureza. Por este motivo el contenido de Mn debe estar comprendido entre cantidades  
 55 traza resultantes de la elaboración y el 1,0%. Preferentemente su contenido se limita al 0,6% para ayudar a la obtención de una temperatura  $M_s$  óptimamente baja.

**[0032]** Si es un elemento útil durante el procedimiento de elaboración del acero. Es muy reductor, y permite así  
 reducir los óxidos de Cr en la fase de reducción del acero que sigue a la fase de descarburación en el convertidor AOD  
 o VOD. Sin embargo el contenido de Si en el acero final debe estar comprendido entre cantidades traza y el 1,0%, ya  
 60 que este elemento tiene un efecto endurecedor en caliente que limita las posibilidades de deformación en caliente durante el laminado en caliente o durante el forjado. Preferentemente su contenido se limita al 0,6% para ayudar a la obtención de una temperatura  $M_s$  óptimamente baja.

**[0033]** S y P son impurezas que disminuyen la ductilidad en caliente. P se segrega fácilmente en las uniones  
 65 de granos y facilita su decohesión. Además, S reduce la resistencia a la corrosión por picadura formando con Mn

compuestos que sirven como sitios iniciadores para este tipo de corrosión. A este respecto los contenidos de S y de P deben estar comprendidos respectivamente entre cantidades traza y, respectivamente, el 0,01% y el 0,04% en peso. Preferentemente, el contenido de S no supera el 0,005% para asegurar todavía mejor una resistencia a la corrosión suficiente.

5

**[0034]** Cr es un elemento esencial para la resistencia a la corrosión. Sin embargo su contenido debe ser limitado ya que con un contenido elevado se incurre en el riesgo de reducir la temperatura Mf (la temperatura de fin de transformación martensítica) por debajo de la temperatura ambiente. Esto conduciría, después de austenización y templado hasta la temperatura ambiente, a una transformación martensítica demasiado incompleta y a una dureza insuficiente. Por estas distintas razones, el contenido de Cr debe estar comprendido entre el 15,0% y el 18,0% en peso. Sin embargo se aconseja limitar el contenido de Cr al 15,0-17,0%, mejor el 15,2-17,0%, mejor todavía el 15,5-16,0%, sobre todo cuando no se efectúa un tratamiento criogénico del acero, con el fin de no tener una temperatura Ms de inicio de transformación martensítica demasiado elevada, y por tanto no dejar demasiada austenita residual que limitaría la dureza, y por tanto la resistencia a la tracción Rm, lo que no es deseable en un acero martensítico. Si fuera necesario, la reducción de la resistencia a la corrosión inducida por la disminución del contenido máximo de Cr podrá compensarse por un contenido de N elevado en los límites prescritos por otra parte.

10

15

**[0035]** Sin embargo la solubilidad de N en el metal líquido desciende cuando el contenido de Cr disminuye, de manera que ya no es posible por debajo del 15% de Cr conservar en el metal líquido suficiente N disuelto a la temperatura de solidificación del acero, lo que conduce a la formación de burbujas de N<sub>2</sub> durante la solidificación, y no permite ya que N compense el descenso de Cr en lo que respecta a la resistencia a la corrosión. Este límite bajo de Cr para la solubilidad de N aumenta también cuando disminuye la presión ferrostática a la solidificación. Puede ser preferible aumentar el contenido mínimo de Cr del 15,0% al 15,2% o al 15,5% según el tipo de procedimiento de colada y las condiciones de colada aplicadas con el fin de prevenir cualquier riesgo de formación de burbujas de N<sub>2</sub>.

20

**[0036]** El contenido de Cr también debe satisfacer una fórmula que lo vincule con los contenidos de N y C como se explicará a continuación.

25

**[0037]** Los elementos Ni, Cu, Mo y V son caros y reducen también la temperatura Mf. El contenido de cada uno de estos elementos debe estar así limitado, entre cantidades traza y el 0,50% en peso, preferentemente como máximo el 0,10% para Mo. Por tanto no es necesario añadirlo después de la fusión de las materias primas. Todavía es más favorable que el contenido de Mo no supere el 0,05%, para ayudar a la obtención de una temperatura Ms óptimamente baja. Por la misma razón, es preferible que el contenido de Cu no supere el 0,3%, y que el contenido de V no supere el 0,2%.

30

**[0038]** Nb, Ti y Zr son elementos llamados «estabilizadores», lo que significa que forman, en presencia de N y C y a alta temperatura, carburos y nitruros más estables que los carburos y nitruros de Cr. Sin embargo, estos elementos son indeseables, ya que sus carburos y nitruros respectivos, una vez formados durante el procedimiento de fabricación, no pueden disolverse ya fácilmente durante la austenización, lo que limita los contenidos de C y N en la austenita, y por tanto la dureza correspondiente de la martensita después del templado. El contenido de cada uno de estos elementos debe estar así comprendido entre cantidades traza y el 0,03%.

35

**[0039]** El contenido de Al debe estar comprendido asimismo entre cantidades traza y el 0,010% para evitar formar nitruros de Al, cuya temperatura de disolución sería demasiado elevada y que disminuirían el contenido de N de la austenita, y por tanto la dureza de la martensita después del templado.

40

**[0040]** El contenido de O se obtiene del procedimiento de elaboración del acero y de su composición. Debe estar comprendido entre cantidades traza y el 0,0080% (80 ppm) como máximo, de manera que se evite formar inclusiones de óxidos demasiado numerosas y/o demasiado grandes, que podrían constituir sitios privilegiados de inicio de corrosión por picadura, y también desprenderse durante el pulido, de manera que el aspecto superficial del producto no sería satisfactorio. El contenido de O influye también en las propiedades mecánicas del acero, y en su caso se podrá, de forma clásica, fijar un límite no superable inferior a 80 ppm, según las exigencias de los usuarios del producto final.

50

**[0041]** Los contenidos de Pb, Bi y Sn pueden estar limitados a cantidades traza que proceden de la elaboración, y no deben superar cada una el 0,02% para no hacer demasiado difíciles las transformaciones en caliente.

55

**[0042]** El control del contenido de N a un nivel bien definido es un elemento esencial de la invención. Al igual que C, permite, cuando está en solución sólida, aumentar la dureza de la martensita sin tener el inconveniente de formar precipitados en el curso de la solidificación. Si no se desea un contenido de C demasiado elevado para no formar demasiados precipitados, la adición de N permite compensar la pérdida de dureza. Los nitruros se forman a temperaturas más bajas que los carburos lo que facilita su disolución durante la austenización. La presencia de N en solución sólida mejora también la resistencia a la corrosión.

60

**[0043]** Sin embargo un contenido excesivo de N no permite ya su disolución completa durante la solidificación,

65

y conduce a la formación de burbujas de N<sub>2</sub> que forman sopladuras (porosidades) durante la solidificación del acero, perjudiciales para la salud interna del metal.

5 **[0044]** Por estos diferentes motivos el contenido de N debe estar comprendido entre el 0,10 y el 0,20% en peso, preferentemente entre el 0,15 y el 0,20% en peso.

**[0045]** El contenido de N debe también satisfacer diversas fórmulas que lo vinculan con los contenidos de Cr y C.

10 **[0046]** De hecho, la dureza de la martensita depende de sus contenidos de C y de N. Los autores de la invención han puesto de relieve que los efectos endurecedores de estos dos elementos son similares, y que la dureza de la martensita depende por tanto de su contenido global de C + N. Los autores de la invención han establecido que la dureza después del templado y el revenido será suficiente si se respeta la fórmula siguiente:

$$C + N \geq 0,25\%, \text{ preferentemente } C + N \geq 0,30\%$$

15

preferentemente  $C + N \geq 0,30\%$

20 **[0047]** En un modo todavía más preferido de la invención se obtiene una dureza aún más elevada después del templado y el revenido si se respeta la fórmula siguiente:

$$C + N \geq 0,45\%.$$

25 **[0048]** Tres elementos tienen un efecto en la resistencia a la corrosión. Cr y N son beneficiosos, mientras que C tiene un efecto negativo ya que en general no es posible disolver todos los carburos de Cr durante la austenización, por motivos de productividad y de coste que en la práctica industrial limitan la duración y la temperatura del tratamiento. Los carburos de Cr no disueltos reducen el contenido de Cr de la matriz austenítica, y por ello reducen la resistencia a la corrosión.

30 **[0049]** A partir del estudio de la resistencia a la corrosión de aceros martensíticos a diferentes contenidos en peso de Cr, N y C, los autores de la invención han encontrado una fórmula que asocia estos diferentes elementos y permite asegurar una muy buena resistencia a la corrosión:

$$Cr + 16 N - 5 C \geq 16,0\%$$

35

**[0050]** Una condición preferida, sin que sea, sin embargo, obligatoria, es que:

$$17Cr + 500C + 500N \leq 570\%$$

40 **[0051]** Esta condición permite asegurar que se tendrá una temperatura Ms no demasiado elevada, ya que su cumplimiento representaría un descenso de Ms del orden de 60°C con respecto a lo cual permitiría satisfacer simultáneamente los límites superiores de los contenidos de C, N y Cr elegidos.

45 **[0052]** Los aceros según la invención han sido objeto de ensayos de austenización a diferentes temperaturas antes de un templado al agua a 20°C con una velocidad de enfriamiento superior a 100°C/s, seguida por un revenido a 200°C, con el fin de hacer variar la proporción de carburos disueltos, y en consecuencia el contenido de carbono en la austenita y después en la martensita tras el templado. Se ha medido la tasa de martensita así como la dureza Vickers con el fin de trazar la evolución de la dureza en función de la tasa de martensita, y los resultados se representan en la figura 1, para un acero que tiene la composición del ejemplo I4 de la tabla 1.

50

55 **[0053]** En la figura 1 se observa que la dureza empieza a aumentar con el descenso de la tasa de martensita, ya que la martensita se endurece por enriquecimiento de carbono. La dureza alcanza un máximo y después desciende cuando la tasa de martensita se vuelve demasiado baja. Por debajo del 75% de martensita, el endurecimiento de la martensita ya no compensa la suavización relacionada con la presencia de austenita residual de dureza más baja. Por este motivo, en un modo preferido de la invención, adaptado a la fabricación de herramientas de corte a partir del acero colado, la tasa de martensita del acero después de austenización y templado a una velocidad de al menos 15°C/s hasta una temperatura inferior o igual a 20°C, y después revenido a una temperatura de 100 a 300°C, normalmente 200°C, es superior o igual al 75%.

60 **[0054]** La obtención de un contenido de martensita elevada que puede alcanzar el 100% puede garantizarse mejor si, después del templado hasta 20°C o menos, se procede a un tratamiento criogénico, es decir, a la realización

## ES 2 796 354 T3

de un templado en un medio a muy baja temperatura comprendida entre -220 y -50°C, normalmente en nitrógeno líquido a -196°C o en nieve carbónica a -80°C, antes de proceder al revenido a 100-300°C.

**[0055]** Cuando el contenido de martensita no alcanza el 100%, por lo general la microestructura restante está constituida esencialmente por austenita residual. También puede tener ferrita.

**[0056]** A modo de ejemplos no limitativos, los resultados siguientes mostrarán las características ventajosas conferidas por la invención.

10 **[0057]** Las composiciones de las diferentes muestras de acero sometidas a ensayo que figuran en la tabla 1 están expresadas en % en peso. Los valores subrayados corresponden a aquellos que no están de acuerdo con la invención. Se han referido igualmente los valores de C + N, de Cr + 16 N - 5 C y de 17Cr + 500C + 500N para cada muestra.

		C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Cu	Mo	V
Invención	I1	0,104	0,36	0,26	0,007	0,003	0,29	15,1	0,21	0,03	0,08
	I2	0,112	0,47	0,43	0,012	0,003	0,34	16,7	0,16	0,03	0,09
	I3	0,244	0,29	0,30	0,009	0,002	0,37	15,1	0,10	0,03	0,07
	I4	0,443	0,36	0,31	0,024	0,003	0,26	16,8	0,24	0,02	0,13
	I5	0,445	0,32	0,29	0,009	0,001	0,34	15,3	0,22	0,03	0,11
	I6	0,410	0,39	0,42	0,007	0,001	0,41	16,8	0,18	0,02	0,09
	I7	0,432	0,39	0,42	0,007	0,001	0,41	17,9	0,18	0,02	0,09
	I8	0,345	0,31	0,38	0,010	0,001	0,25	15,3	0,18	0,02	0,07
	I9	0,332	0,38	0,27	0,006	0,002	0,34	15,8	0,23	0,03	0,10
	I10	0,340	0,26	0,32	0,009	0,001	0,28	16,3	0,23	0,02	0,09
	I11	0,342	0,28	0,30	0,012	0,001	0,39	17,8	0,14	0,02	0,08
	I12	0,376	0,34	0,35	0,015	0,003	0,30	16,1	0,16	0,02	0,11
	I13	0,335	0,29	0,32	0,007	0,002	0,28	15,9	0,20	0,03	0,07
	I14	0,442	0,38	0,29	0,010	0,002	0,36	16,0	0,14	0,03	0,06
	I15	0,245	0,34	0,33	0,016	0,001	0,40	16,1	0,19	0,02	0,10
	I16	0,366	0,28	0,28	0,013	0,002	0,29	16,0	0,11	0,03	0,07
	I17	0,356	0,30	0,31	0,019	0,003	0,21	17,3	0,18	0,02	0,12
	I18	0,163	0,27	0,40	0,011	0,001	0,33	16,0	0,20	0,03	0,06
	I19	0,239	0,33	0,29	0,010	0,002	0,32	15,9	0,15	0,03	0,07
Referencias	R1	0,223	0,38	0,35	0,012	0,003	0,18	<u>13,4</u>	0,12	0,02	0,08
	R2	0,312	0,33	0,42	0,008	0,001	0,35	<u>13,8</u>	0,08	0,03	0,09
	R3	<u>0,478</u>	0,42	0,28	0,017	0,002	0,21	<u>13,7</u>	0,13	0,02	0,11
	R4	0,392	0,35	0,24	0,021	0,001	0,37	<u>13,9</u>	0,24	0,03	0,21
	R5	0,298	0,26	0,35	0,006	0,002	0,36	<u>14,3</u>	0,18	0,02	0,13
	R6	<u>0,465</u>	0,27	0,43	0,007	0,002	0,28	16,3	0,28	0,02	0,08
	R7	0,405	0,46	0,46	0,015	0,002	0,43	16,1	0,14	0,02	0,07
	R8	<u>0,520</u>	0,30	0,24	0,018	0,001	0,41	16,4	0,19	0,03	0,14
	R9	0,448	0,39	0,29	0,024	0,001	0,26	<u>18,5</u>	0,14	0,02	0,09
	R10	0,112	0,27	0,34	0,010	0,001	0,34	15,1	0,07	0,02	0,10
	R11	0,447	0,34	0,34	0,018	0,002	0,24	15,4	0,14	0,02	0,17
	R12	0,246	0,18	0,41	0,019	0,001	0,36	15,2	0,14	0,02	0,10
	R13	0,123	0,41	0,31	0,016	0,002	0,38	16,7	0,23	0,02	0,23
	R14	0,211	0,27	0,34	0,009	0,003	0,24	16,2	0,15	0,02	0,10

ES 2 796 354 T3

		Nb	Ti	Al	Zr	Sn	O	N	C+N	Cr+16N - 5C	17Cr + 500C + 500N (preferido)
Invención	I1	0,004	0,004	0,002	0,001	0,008	0,002	0,197	0,301	17,73	407,2
	I2	0,004	0,002	0,001	0,002	0,006	0,002	0,192	0,304	19,21	435,9
	I3	0,002	0,002	0,001	0,001	0,009	0,003	0,194	0,438	16,98	475,7
	I4	0,002	0,003	0,003	0,002	0,015	0,002	0,102	0,545	16,22	558,1
	I5	0,005	0,003	0,001	0,001	0,016	0,003	0,194	0,639	16,18	<u>579,6</u>
	I6	0,003	0,002	0,002	0,001	0,007	0,003	0,184	0,594	17,69	<u>582,6</u>
	I7	0,003	0,002	0,002	0,001	0,007	0,003	0,175	0,607	18,54	<u>607,8</u>
	I8	0,003	0,005	0,002	0,001	0,006	0,001	0,179	0,524	16,44	522,1
	I9	0,002	0,002	0,003	0,001	0,010	0,003	0,176	0,508	16,96	522,6
	I10	0,004	0,004	0,002	0,002	0,012	0,002	0,180	0,520	17,48	537,1
	I11	0,003	0,003	0,002	0,002	0,009	0,002	0,178	0,520	18,94	562,6
	I12	0,004	0,002	0,001	0,001	0,013	0,001	0,182	0,558	17,13	552,7
	I13	0,002	0,001	0,002	0,001	0,006	0,003	0,125	0,460	16,23	500,3
	I14	0,002	0,003	0,003	0,002	0,008	0,003	0,177	0,619	16,62	<u>581,5</u>
	I15	0,003	0,002	0,001	0,001	0,010	0,002	0,105	0,350	16,56	447,2
	I16	0,002	0,003	0,002	0,002	0,007	0,003	0,134	0,500	16,31	522,0
	I17	0,004	0,005	0,002	0,001	0,011	0,003	0,106	0,462	17,22	525,1
	I18	0,003	0,004	0,002	0,001	0,010	0,003	0,112	0,275	16,98	409,5
	I19	0,003	0,002	0,001	0,002	0,012	0,002	0,164	0,403	17,33	471,8
Referencias	R1	0,005	0,003	0,003	0,002	0,006	0,003	<u>0,002</u>	<u>0,225</u>	<u>12,32</u>	340,3
	R2	0,002	0,002	0,003	0,001	0,011	0,002	<u>0,003</u>	0,315	<u>12,29</u>	392,1
	R3	0,005	0,004	0,002	0,001	0,010	0,001	<u>0,003</u>	0,481	<u>11,36</u>	473,4
	R4	0,003	0,004	0,001	0,002	0,006	0,002	0,109	0,501	<u>13,68</u>	483,4
	R5	0,002	0,001	0,002	0,002	0,009	0,004	0,197	0,495	<u>15,96</u>	490,6
	R6	0,004	0,002	0,001	0,001	0,013	0,003	<u>0,032</u>	0,497	<u>14,51</u>	525,6
	R7	0,003	0,002	0,001	0,001	0,014	0,003	<u>0,253</u>	0,658	18,12	602,7
	R8	0,005	0,002	0,002	0,002	0,012	0,003	0,198	0,718	16,97	637,8
	R9	0,002	0,001	0,001	0,001	0,008	0,002	0,195	0,643	19,38	636,0
	R10	0,002	0,003	0,003	0,001	0,006	0,002	0,114	<u>0,226</u>	16,36	369,7
	R11	0,003	0,001	0,003	0,001	0,008	0,002	0,106	0,553	<u>14,86</u>	538,3
	R12	0,002	0,001	0,002	0,002	0,012	0,002	0,105	0,351	<u>15,65</u>	433,9
	R13	0,003	0,001	0,002	0,002	0,011	0,003	0,112	<u>0,235</u>	17,88	401,4
	R14	0,002	0,002	0,003	0,001	0,011	0,002	<u>0,217</u>	0,428	18,62	489,4

Tabla 1: Composiciones de muestras sometidas a ensayo

**[0058]** Después de la colada, estos aceros se recalentaron a una temperatura superior a 1.100°C, se laminaron en caliente hasta un grosor de 3 mm, se sometieron a recocido a una temperatura de 800°C y después se decaparon 5 y se laminaron en frío hasta un grosor de 1,5 mm.

**[0059]** A continuación se sometieron las chapas de acero a recocido a una temperatura de 800°C.

**[0060]** Las chapas de acero recocidas se sometieron a continuación a un tratamiento de austenización de 15 minutos a 1.050°C seguido por un templado al agua hasta la temperatura de 20°C.

**[0061]** Después de cortar las chapas en dos partes, se sumergió una de las partes durante 10 min en un baño



con termostato a  $-80^{\circ}\text{C}$ , de forma que puedan evaluarse los efectos de un tratamiento criogénico que se sumaría al simple templado al agua.

- 5 **[0062]** A continuación se efectuó un revenido de 1 h a  $200^{\circ}\text{C}$  en cada parte de chapa.
- [0063]** La tabla 2 presenta el resultado de los ensayos y observaciones efectuados en estos aceros. Los valores subrayados corresponden a rendimientos que se valoran como insuficientes.
- 10 **[0064]** La salud interna se evalúa en un estado en bruto de solidificación después de la colada, sabiendo que las operaciones de transformación ulteriores no la degradarán.
- 15 **[0065]** La tasa de martensita se mide después de un templado al agua a  $20^{\circ}\text{C}$  y después de un tratamiento criogénico por templado a  $-80^{\circ}\text{C}$ , de manera que este templado, o el segundo de estos templados, se ha seguido de un revenido a  $200^{\circ}\text{C}$ . Cuando la tasa de martensita es superior o igual al 75% después del templado al agua a  $20^{\circ}\text{C}$ , los demás resultados ofrecidos en la tabla 2 se refieren al estado templado a  $20^{\circ}\text{C}$  seguido del revenido a  $200^{\circ}\text{C}$ . Cuando la tasa de martensita es inferior al 75% después del templado al agua a  $20^{\circ}\text{C}$ , los demás resultados dados en la tabla 2 se refieren al estado después de un tratamiento criogénico (templado hasta una temperatura muy baja, efectuado por ejemplo en nieve carbónica) a  $-80^{\circ}\text{C}$ , seguido del revenido a  $200^{\circ}\text{C}$ .
- 20 **[0066]** La resistencia a la corrosión se evalúa mediante una prueba electroquímica de corrosión por picadura en un medio compuesto por NaCl 0,02 M, a  $23^{\circ}\text{C}$  y a pH de 6,6. La prueba electroquímica realizada en 24 muestras permite determinar el potencial  $E_{0,1}$  para el que la probabilidad elemental de aparición de picaduras es igual a  $0,1\text{ cm}^2$ . La resistencia a la corrosión se considera no satisfactoria si el potencial  $E_{0,1}$  es inferior a 350 mV, medido con respecto al electrodo de calomelanos saturado con KCl (350 mV/ECS). Se considera satisfactoria si el potencial  $E_{0,1}$  está comprendido entre 350 mV/ECS y 450 mV/ECS. Se considera muy satisfactoria si el potencial  $E_{0,1}$  es superior a 450 mV/ECS.
- 25 **[0067]** La dureza Vickers se mide en el grosor en un corte pulido de espejo, bajo una carga de 1 kg con una punta piramidal de diamante de base cuadrada, según la norma EN ISO 6507. La media de las durezas obtenidas se calcula realizando 10 impresiones. La dureza se considera insuficiente si la dureza media es inferior a 500 HV. Se considera satisfactoria si la dureza media está comprendida entre 500 HV y 550 HV. Se considera muy satisfactoria si la dureza media está comprendida entre 551 y 600 HV. Se considera excelente si la dureza media es superior a 600 HV.
- 30 **[0068]** La capacidad de pulido se evalúa efectuando un pulido en plano hasta mitad de grosor de la muestra, usando sucesivamente los papeles SiC 180, 320, 500, 800 y 1200 bajo una fuerza de 30 N, después un pulido en paño embebido con pasta diamantada de granulometría  $3\text{ }\mu\text{m}$  y después  $1\text{ }\mu\text{m}$  bajo una fuerza de 20 N. A continuación se observó la superficie al microscopio óptico con aumento de  $\times 100$ . La capacidad de pulido se considera no satisfactoria si la densidad de defectos denominados clásicamente «colas de cometa» es superior o igual a  $100/\text{cm}^2$ .
- 35 **[0069]** La salud interna se evalúa observando el acero en bruto de solidificación en corte por metalografía óptica con aumento  $\times 25$ . La salud interna no es satisfactoria y está indicada por el valor «0» en la tabla 2 si se observan cavidades globulares (sopladuras) que delatan la formación de burbujas de nitrógeno en la solidificación. En el caso contrario, la salud interna se considera satisfactoria y se indica por el valor «1» en la tabla 2.
- 40 **[0070]** La capacidad de pulido se considera satisfactoria si esta densidad está comprendida entre  $10/\text{cm}^2$  y  $99/\text{cm}^2$ . La capacidad de pulido se considera muy satisfactoria si esta densidad está comprendida entre 1 y  $9/\text{cm}^2$ . La capacidad de pulido se considera excelente si esta densidad es inferior a  $1/\text{cm}^2$ .
- 45 **[0071]** La tasa de martensita se determina por difracción de rayos X midiendo la intensidad de las rayas características de la martensita en comparación con la intensidad de las rayas características de la austenita sabiendo que, en todas las muestras examinadas, son las dos únicas fases presentes. De forma general, no se excluiría la observación marginal de otras fases en las muestras según la invención. En el marco de la invención hay que considerar ante todo la tasa de martensita.
- 50 **[0072]** La tasa de martensita se determina por difracción de rayos X midiendo la intensidad de las rayas características de la martensita en comparación con la intensidad de las rayas características de la austenita sabiendo que, en todas las muestras examinadas, son las dos únicas fases presentes. De forma general, no se excluiría la observación marginal de otras fases en las muestras según la invención. En el marco de la invención hay que considerar ante todo la tasa de martensita.
- 55 **[0071]** Una tasa de martensita superior o igual al 75% después de templado a  $20^{\circ}\text{C}$  y revenido a  $200^{\circ}\text{C}$ , o superior o igual al 75% después de un templado a  $20^{\circ}\text{C}$ , un tratamiento criogénico a  $-80^{\circ}\text{C}$  y un revenido a  $200^{\circ}\text{C}$ , es satisfactoria. Si la tasa de martensita del 75% o más no puede obtenerse por uno de estos tratamientos, la muestra se considera no satisfactoria.

Tabla 2: resultados de los ensayos realizados en las muestras de la tabla 1

		E <sub>0,1</sub> (mV/ECS)	Dureza HV	Capacidad de pulido (colas de cometa /cm <sup>2</sup> )	Salud interna	Martensita (%) templado 20°C	Martensita (%) templado -80°C
Invención	I1	610	554	0	1	100	100
	I2	695	536	0	1	97	100
	I3	570	650	0	1	95	100
	I4	510	698	47	1	88	95
	I5	510	689	36	1	78	86
	I6	610	648	43	1	76	85
	I7	660	687	51	1	69	81
	I8	515	700	0,8	1	97	100
	I9	565	690	0,6	1	96	100
	I10	580	689	0,5	1	94	97
	I11	690	680	0,5	1	90	94
	I12	565	689	8	1	92	98
	I13	510	670	0,4	1	95	100
	I14	540	628	49	1	76	86
	I15	535	580	0	1	98	100
	I16	520	682	3	1	90	97
	I17	580	653	2	1	93	100
	I18	565	520	0	1	100	100
	I19	585	621	0	1	96	100
Referencias	R1	<u>240</u>	<u>488</u>	0	1	100	100
	R2	<u>240</u>	566	0,2	1	100	100
	R3	<u>190</u>	683	<u>124</u>	1	97	100
	R4	<u>330</u>	693	18	1	95	100
	R5	<u>490</u>	680	0,2	<u>0</u>	93	99
	R6	<u>400</u>	686	<u>109</u>	1	93	98
	R7	630	650	24	<u>0</u>	63	79
	R8	550	699	<u>215</u>	1	48	<u>70</u>
	R9	705	615	56	1	50	<u>72</u>
	R10	510	<u>479</u>	0	1	100	100
	R11	<u>445</u>	583	68	1	100	100
	R12	<u>390</u>	708	0	1	92	97
	R13	605	<u>489</u>	0	1	100	100
	R14	655	632	0	<u>0</u>	95	100

**[0072]** Los aceros según la invención I1 a I6, así como los aceros I8 a I9, combinan buenas propiedades de resistencia a la corrosión, dureza y capacidad de pulido, y presentan una buena salud interna, así como una tasa de

martensita superior o igual al 75% después de un templado a 20°C.

**[0073]** El acero según la invención I7 combina buenas propiedades de resistencia a la corrosión, dureza y capacidad de pulido, y presenta una buena salud interna, así como una tasa de martensita superior o igual al 75%, pero con la condición de efectuar un tratamiento criogénico a -80°C. De hecho, en la salida de un simple templado al agua a 20°C, la tasa de martensita todavía no es suficiente, lo que debe ligarse con la presencia de Cr a un nivel superior al de las otras muestras según la invención.

**[0074]** Para un nivel de N comparable, se observa que la dureza aumenta entre, por una parte, las muestras I1, I2 en las que C está entre el 0,10 y el 0,20%, y, por otra parte, las muestras I3 en las que C está entre el 0,20 y el 0,30% y sobre todo I8, I9, I10 en las que C está entre el 0,30 y el 0,35%.

**[0075]** I14, en la que C es todavía más elevado y N es del mismo nivel que los anteriores, tiene una dureza menor que ellos, ya que la fracción de martensita después del templado empieza a descender por la disminución de la temperatura Mf en relación con un valor elevado de la expresión  $17Cr + 500C + 500N$  (véase la tabla 1). Igualmente para niveles de N y otros elementos esenciales comparables, se observa que el aumento de Cr permite mejorar la resistencia a la corrosión, como se ve en las muestras I8 e I9. Por el contrario, el aumento del contenido de Cr tiende a disminuir la dureza, como se ve en las muestras I8, I10 e I11 cuyas composiciones solo difieren significativamente en Cr. Si se llegara más allá del 18% de Cr podría aumentarse la resistencia a la corrosión, pero conduciría a disminuir los contenidos de C y N para conservar una Ms satisfactoria, y ya no estaría asegurada una dureza correcta.

**[0076]** Los aceros de referencia R1 a R3 tienen contenidos de Cr y N, así como sumas  $C + N$  y/o  $Cr + 16N - 5C$  insuficientes, lo que no permite una resistencia a la corrosión satisfactoria.

**[0077]** Los aceros de referencia R4 y R5 tienen contenidos de Cr insuficientes. Sin compensación por adición de N, el acero R4 presenta también una combinación  $Cr + 16N - 5C$  insuficiente que conduce a una resistencia a la corrosión no satisfactoria. Para el acero R5, la compensación de la falta de Cr por adición de N restablece una resistencia a la corrosión satisfactoria, pero ya no permite asegurar una buena salud interna dado que el contenido de Cr no es ya suficiente para permitir una disolución completa de N en el metal líquido.

**[0078]** El acero de referencia R6 tiene un contenido de C demasiado elevado y un contenido de N insuficiente. El contenido de C demasiado elevado no permite una aptitud para el pulido suficiente debido a una formación de carburos demasiado importante.

**[0079]** El acero de referencia R7 tiene un contenido de N demasiado elevado, lo que degrada la salud interna. Lo mismo sucede para el acero de referencia R14. El acero de referencia R8 tiene un contenido excesivo de C, lo que conduce a una deficiente capacidad de pulido y a una tasa de martensita demasiado baja incluso después de un templado criogénico a -80°C. El acero de referencia R9 contiene demasiado Cr, lo que conduce a una tasa de martensita insuficiente incluso después de un templado criogénico a -80°C.

**[0080]** Los aceros de referencia R10 y R11 tienen contenidos de C demasiado bajos así como sumas  $C + N$  insuficientes, lo que conduce a durezas demasiado bajas. Los aceros de referencia R12 y R13 tendrían composiciones de acuerdo con la invención en los contenidos individuales de cada elemento, pero su suma  $Cr + 16N - 5C$ , que es inferior al 16,0%, es insuficiente para garantizar una resistencia a la corrosión tan elevada como la de los aceros que están de acuerdo en todos los puntos con la invención, incluidos aquellos que superan por poco el valor del 16,0% para esta suma  $Cr + 16N - 5C$ .

**[0081]** Los aceros según la invención se usan beneficiosamente para la fabricación de herramientas de corte, como por ejemplo bisturís, tijeras, hojas de cuchillos u hojas circulares de robots de cocina.

50

## REIVINDICACIONES

1. Acero inoxidable martensítico, **caracterizado porque** su composición consiste en, en porcentajes en peso:
- 5
- $0,10\% \leq C \leq 0,45\%$ ; preferentemente  $0,20\% \leq C \leq 0,38\%$ ; mejor  $0,20\% \leq C \leq 0,35\%$ ; óptimamente  $0,30\% \leq C \leq 0,35\%$ ;
  - trazas  $\leq Mn \leq 1,0\%$ ; preferentemente trazas  $\leq Mn \leq 0,6\%$ ;
  - trazas  $\leq Si \leq 1,0\%$ ;
- 10
- trazas  $\leq S \leq 0,01\%$ ; preferentemente trazas  $\leq S \leq 0,005\%$ ;
  - trazas  $\leq P \leq 0,04\%$ ;
  - $15,0\% \leq Cr \leq 18,0\%$ ; preferentemente  $15,0 \leq Cr \leq 17,0\%$ , mejor  $15,2\% \leq Cr \leq 17,0\%$ ; mejor todavía  $15,5\% \leq Cr \leq 16,0\%$ ;
  - trazas  $\leq Ni \leq 0,50\%$ ;
- 15
- trazas  $\leq Mo \leq 0,50\%$ ; preferentemente trazas  $\leq Mo \leq 0,1\%$ ; mejor trazas  $\leq Mo \leq 0,05\%$ ;
  - trazas  $\leq Cu \leq 0,50\%$ ; preferentemente trazas  $\leq Cu \leq 0,3\%$ ;
  - trazas  $\leq V \leq 0,50\%$ ; preferentemente trazas  $\leq V \leq 0,2\%$ ;
  - trazas  $\leq Nb \leq 0,03\%$ ;
  - trazas  $\leq Ti \leq 0,03\%$ ;
- 20
- trazas  $\leq Zr \leq 0,03\%$ ;
  - trazas  $\leq Al \leq 0,010\%$ ;
  - trazas  $\leq O \leq 0,0080\%$ ;
  - trazas  $\leq Pb \leq 0,02\%$ ;
  - trazas  $\leq Bi \leq 0,02\%$ ;
- 25
- trazas  $\leq Sn \leq 0,02\%$ ;
  - $0,10\% \leq N \leq 0,20\%$ ; preferentemente  $0,15\% \leq N \leq 0,20\%$ ;
  - $C + N \geq 0,25\%$ ; preferentemente  $C + N \geq 0,30\%$ ; mejor  $C + N \geq 0,45\%$ ;
  - $Cr + 16 N - 5 C \geq 16,0\%$ ;
  - preferentemente  $17 Cr + 500 C + 500 N \leq 570\%$ ; siendo el resto hierro e impurezas resultantes de la elaboración.
- 30
2. Acero según la reivindicación 1, **caracterizado porque** su microestructura incluye al menos el 75% de martensita.
3. Procedimiento de fabricación de un semiproducto de acero inoxidable martensítico, **caracterizado**
- 35 **porque**:
- se elabora y se realiza la colada de un semiproducto en un acero que tiene la composición según la reivindicación 1;
  - se calienta dicho semiproducto a una temperatura superior o igual a  $1.000^{\circ}\text{C}$ ;
- 40
- se lamina en caliente para obtener una chapa, una barra o una varilla de alambre;
  - se somete a recocido dicha chapa, dicha barra o dicha varilla de alambre a una temperatura comprendida entre  $700$  y  $900^{\circ}\text{C}$ ;
  - y se ejecuta una operación de conformación en dicha chapa, dicha barra o dicha varilla de alambre.
- 45
4. Procedimiento según la reivindicación 3, **caracterizado porque** dicho semiproducto es una chapa, y **porque** dicha operación de conformación es un laminado en frío.
5. Procedimiento según la reivindicación 3, **caracterizado porque** dicho semiproducto es una barra o una varilla de alambre, y **porque** dicha operación de conformación es un forjado.
- 50
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 3 a 5, **caracterizado porque** el acero tiene una composición según la reivindicación 2, **porque** dicho semiproducto conformado a continuación es austenizado entre  $950$  y  $1.150^{\circ}\text{C}$ , después enfriado a una velocidad de al menos  $15^{\circ}\text{C/s}$  hasta una temperatura inferior o igual a  $20^{\circ}\text{C}$  y después se somete a un revenido a una temperatura comprendida entre  $100$  y  $300^{\circ}\text{C}$ .
- 55
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 3 a 5, **caracterizado porque** el acero tiene una composición según la reivindicación 1 o 2, **porque** dicho semiproducto conformado a continuación es austenizado entre  $950$  y  $1.150^{\circ}\text{C}$ , después enfriado a una velocidad de al menos  $15^{\circ}\text{C/s}$  hasta una temperatura inferior o igual a  $20^{\circ}\text{C}$ , después se somete a un tratamiento criogénico a una temperatura de  $-220$  a  $-50^{\circ}\text{C}$  y después a un revenido a
- 60 una temperatura comprendida entre  $100$  y  $300^{\circ}\text{C}$ .
8. Herramienta de corte, **caracterizado porque** se ha fabricado a partir de un semiproducto preparado según el procedimiento de una de las reivindicaciones 3 a 7.
- 65
9. Herramienta de corte según la reivindicación 8, **caracterizado porque** se trata de un artículo de

cuchillería tal como una hoja de cuchillo, una hoja de robot de cocina, un bisturí o una hoja de tijeras.

