

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 745 199**

51 Int. Cl.:

<b>C22C 33/02</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/12</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/24</b>	(2006.01)
<b>C21D 9/00</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/02</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/04</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/22</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/36</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.04.2015 PCT/SE2015/050428**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **22.10.2015 WO15160302**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.04.2015 E 15780304 (0)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.06.2019 EP 3132066**

54 Título: **Acero para herramientas de trabajo en frío**

30 Prioridad:

**14.04.2014 EP 14164524**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**28.02.2020**

73 Titular/es:

**UDDEHOLMS AB (100.0%)  
683 85 Hagfors, SE**

72 Inventor/es:

**HILSKOG, THOMAS;  
BENGTSSON, KJELL;  
DAMM, PETTER;  
ENGSTRÖM SVENSSON, ANNIKA;  
ROBERTSSON, RIKARD;  
STEINER, KRISTOFFER;  
FORSBERG, AMANDA;  
TIDESTEN, MAGNUS y  
EMANUELSSON, PÅR**

74 Agente/Representante:

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

**ES 2 745 199 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 para herramientas de trabajo en frío

**5 Campo técnico**

La invención se refiere a acero para herramientas de trabajo en frío.

**10 Antecedentes de la invención**

10 Los aceros para herramientas de pulvimetalurgia (PM) aleados con vanadio han estado en el mercado durante décadas y han alcanzado un interés considerable debido al hecho de que combinan una alta resistencia al desgaste con una excelente estabilidad dimensional y porque tienen una buena tenacidad. Estos aceros tienen una amplia gama de aplicaciones, tales como para cuchillos, punzones y matrices para corte, perforación y extrusión en frío. Los  
15 aceros son producidos por pulvimetalurgia. La composición básica del acero se atomiza en primer lugar y, posteriormente, el polvo se introduce en una cápsula y se somete a prensado isostático en caliente (HIP) con el fin de producir un acero isotrópico. El rendimiento de los aceros tiende a aumentar con el aumento del contenido de vanadio. Un acero de alto rendimiento producido de esta manera es CPM®10V. Tiene altos contenidos de carbono y vanadio tal como se describe en el documento US 4.249.945. Otro acero de este tipo se describe en el documento  
20 EP 1 382 704 A1.

Aunque el acero conocido (PM) tiene una mayor tenacidad que los aceros para herramientas producidos de forma convencional, son necesarias mejoras adicionales para reducir el riesgo de rotura de la herramienta, tal como  
25 astillado y fractura, y para mejorar aún más la maquinabilidad. Hasta ahora, la solución estándar para contrarrestar el astillado es reducir la dureza de la herramienta.

**Divulgación de la invención**

30 El objeto de la presente invención es proporcionar un acero para herramientas de trabajo en frío producido por pulvimetalurgia (PM) que tenga un perfil de propiedades mejorado que conduzca a un mayor tiempo de vida útil de la herramienta.

Otro objeto de la presente invención es optimizar las propiedades, manteniendo una buena resistencia al desgaste y al mismo tiempo mejorar la maquinabilidad.  
35

Un objeto particular es proporcionar una aleación de acero martensítica para herramientas de trabajo en frío que tenga un perfil de propiedades mejorado para el trabajo en frío.

40 Los objetos anteriores, así como ventajas adicionales, se logran en una medida significativa proporcionando un acero para herramientas de trabajo en frío que tiene una composición tal como se establece en las reivindicaciones de aleación.

La invención se define en las reivindicaciones.

**45 Descripción detallada**

La importancia de los elementos separados y su interacción entre sí, así como las limitaciones de los ingredientes químicos de la aleación reivindicada se explican brevemente a continuación. Todos los porcentajes para la composición química del acero se dan en % en peso (% en peso) a lo largo de toda la descripción.  
50

**Carbono (2,2 - 2,4 %)**

El carbono debe estar presente en un contenido mínimo de 2,2 %, preferiblemente al menos 2,25 %. El límite superior para el carbono puede establecerse en 2,4 % o 2,35 %. Los intervalos preferidos son 2,25 - 2,35 % y 2,26 - 2,34 %. En cualquier caso, la cantidad de carbono debe controlarse de modo que la cantidad de carburos del tipo  $M_{23}C_6$  y  $M_7C_3$  en el acero esté limitada a menos de 5 % en vol., estando preferiblemente el acero libre de dichos carburos.  
55

**60 Cromo (4,1 - 5,1 %)**

El cromo debe estar presente en un contenido de al menos 4,1 % para proporcionar una buena templabilidad en secciones transversales más grandes durante el tratamiento térmico. Si el contenido de cromo es demasiado alto, esto puede conducir a la formación de ferrita a alta temperatura, lo que reduce la trabajabilidad en caliente. El contenido de cromo es, por lo tanto, preferiblemente del 4,5 al 5,0 %. El límite inferior puede ser 4,2 %, 4,3 %, 4,4 % o 4,5 %. El límite superior puede ser 5,1 %, 5,0 %, 4,9 % o 4,8 %.  
65

**Molibdeno (3,1 - 4,5 %)**

5 Se sabe que Mo tiene un efecto muy favorable sobre la templabilidad. El molibdeno es esencial para lograr una buena respuesta de endurecimiento secundario. El contenido mínimo es de 3,1 % y puede establecerse en 3,2 %, 3,3 %, 3,4 % o 3,5 %. El molibdeno es un elemento fuerte de formación de carburo y también un fuerte formador de ferrita. El contenido máximo de molibdeno es, por lo tanto, del 4,5 %. Preferiblemente, Mo está limitado a 4,2 %, 3,9 % o incluso 3,7 %.

**Tungsteno ( $\leq 2$  %)**

10 En principio, el molibdeno puede reemplazarse por el doble de tungsteno. Sin embargo, el tungsteno es costoso y también complica el manejo de la chatarra. Por lo tanto, la cantidad máxima se limita a 2 %, preferiblemente a 1 %, más preferiblemente a 0,3 % y, más preferiblemente, no se realizan adiciones deliberadas.

**Vanadio (7,2 - 8,5 %)**

15 El vanadio forma carburos y carbonitruros precipitados primarios distribuidos uniformemente del tipo M (C, N) en la matriz del acero. En los aceros actuales, M es principalmente de vanadio, pero pueden estar presentes cantidades significativas de Cr y Mo. Por lo tanto, el vanadio estará presente en una cantidad de 7,2 - 8,5. El límite superior se puede establecer en 8,4 %, 8,3 % u 8,25 %. El límite inferior puede ser 7,3 %, 7,4 %, 7,5 %, 7,6 %, 7,7 %, 7,75 % y 7,8 %. Los límites superior e inferior pueden combinarse libremente dentro de los límites establecidos en la reivindicación 1. Los intervalos preferidos incluyen 7,7 - 8,3 %.

**Nitrógeno (0,02 - 0,15 %)**

25 El nitrógeno se puede introducir opcionalmente en el acero en una cantidad de 0,02 - 0,15 %, preferiblemente 0,02 - 0,08 % o 0,03 - 0,06 %. El nitrógeno ayuda a estabilizar el M (C, N) porque la estabilidad térmica de los carbonitruros de vanadio es mejor que la de los carburos de vanadio.

**Niobio ( $\leq 2$  %)**

30 El niobio es similar al vanadio en que forma carbonitruros del tipo M (C, N) y, en principio, puede usarse para reemplazar el vanadio, pero eso requiere la doble cantidad de niobio en comparación con el vanadio. Por lo tanto, la adición máxima de Nb es 2,0 %. La cantidad combinada de (V + Nb/2) debe ser 7,2 - 8,5 %. Sin embargo, Nb da como resultado una forma más angular del M (C, N). La cantidad máxima preferida es, por lo tanto, 0,5 %. Preferiblemente, no se añade niobio.

**Silicio (0,1 - 0,55 %)**

40 El silicio se usa para la desoxidación. Si está presente en el acero en forma disuelta. Si aumenta la actividad de carbono y es beneficioso para la maquinabilidad. Por lo tanto, el Si está presente en una cantidad de 0,1 - 0,55 %. Para una buena desoxidación, se prefiere ajustar el contenido de Si al menos al 0,2 %. Si es un fuerte formador de ferrita y debería limitarse preferiblemente a  $\leq 0,5$  %.

**Manganeso (0,2 - 0,8 %)**

45 El manganeso contribuye a mejorar la templabilidad del acero y, junto con el azufre, el manganeso contribuye a mejorar la maquinabilidad mediante la formación de sulfuros de manganeso. Por lo tanto, el manganeso debe estar presente en un contenido mínimo de 0,2 %, preferiblemente al menos 0,22 %. Con contenidos de azufre más altos, el manganeso evita la fragilidad roja en el acero. El acero deberá contener un máximo de 0,8 %, preferiblemente un máximo de 0,6 %. Los intervalos preferidos son 0,22 - 0,52 %, 0,3 - 0,4 y 0,30 - 0,45 %.

**Níquel ( $\leq 3,0$  %)**

55 El níquel es opcional y puede estar presente en una cantidad de hasta 3 %. Le da al acero una buena templabilidad y tenacidad. Debido al coste, el contenido de níquel del acero debe limitarse en la medida de lo posible. En consecuencia, el contenido de Ni se limita a 1 %, preferiblemente a 0,3 %. Más preferiblemente, no se hacen adiciones de níquel.

**Cobre ( $\leq 3,0$  %)**

60 El Cu es un elemento opcional, que puede contribuir a aumentar la dureza y la resistencia a la corrosión del acero. Si se usa, el intervalo preferido es 0,02 - 2 % y el intervalo más preferido es 0,04 - 1,6 %. Sin embargo, no es posible extraer el cobre del acero una vez que se ha añadido. Esto hace que el manejo de la chatarra sea mucho más difícil. Por esta razón, el cobre normalmente no se añade deliberadamente.

**Cobalto** ( $\leq 5\%$ )

5 El Co es un elemento opcional. Contribuye a aumentar la dureza de la martensita. La cantidad máxima es de 5% y, si se añade, una cantidad efectiva es de 4 a 5%. Sin embargo, por razones prácticas, como el manejo de chatarra, no hay una adición deliberada de Co. Un contenido máximo preferido es 1 %.

**Azufre** ( $\leq 0,5 \%$ )

10 S contribuye a mejorar la maquinabilidad del acero. A mayores contenidos de azufre existe el riesgo de fragilidad roja. Además, un alto contenido de azufre puede tener un efecto negativo sobre las propiedades de fatiga del acero. Por lo tanto, el acero debe contener  $\leq 0,5 \%$ , preferiblemente  $\leq 0,03 \%$ .

**Fósforo** ( $\leq 0,05\%$ )

15 El P es un elemento de impureza que puede causar fragilidad. Por lo tanto, está limitado a  $\leq 0,05 \%$ .

**Be, Bi, Se, Ca, Mg, O y REM** (metales de tierras raras)

20 Estos elementos pueden añadirse al acero en las cantidades reivindicadas para mejorar aún más la maquinabilidad, la trabajabilidad en caliente y/o la soldabilidad.

**Boro** ( $\leq 0,6 \%$ )

25 Se pueden usar opcionalmente cantidades sustanciales de boro para ayudar en la formación de la fase dura MX. Se pueden usar cantidades menores de B para aumentar la dureza del acero. La cantidad se limita entonces a 0,01 %, preferiblemente  $\leq 0,004 \%$ . Generalmente, no se realizan adiciones de boro.

**Ti, Zr, Al y Ta**

30 Estos elementos son formadores de carburo y pueden estar presentes en la aleación en los intervalos reivindicados para alterar la composición de las fases duras. Sin embargo, normalmente no se añade ninguno de estos elementos.

**Producción de acero**

35 El acero para herramientas que tiene la composición química reivindicada se puede producir por atomización convencional con gas. Normalmente el acero se somete a endurecimiento y temple antes de ser utilizado.

40 La austenización puede realizarse a una temperatura de austenización ( $T_A$ ) en el intervalo de 950 a 1200 °C, generalmente de 1000 a 1100 °C. Un tratamiento típico es el endurecimiento a 1020 °C durante 30 minutos, el enfriamiento rápido con gas y el temple a 550 °C durante 2x2 horas. Esto da como resultado una dureza de 59-61 HRC.

**EJEMPLO**

45 En este ejemplo, un acero de acuerdo con la invención se compara con el acero conocido CPM®10V. Ambos aceros fueron producidos por pulvimetalurgia.

La composición básica de acero se fundió y se sometió a atomización con gas.

50 Los aceros así obtenidos tenían la siguiente composición (en % en peso):

	Acero de la invención	CPM®10
C	2,3	2,4
Si	0,37	0,89
Mn	0,37	0,45
Cr	4,78	5,25
Mo	3,6	1,26
V	8,0	9,85
Mo/V	0,45	0,13

siendo el resto hierro e impurezas.

El acero se austenizó a 1100 °C durante 30 minutos, se endureció mediante enfriamiento rápido con gas y se templó dos veces a 540 °C durante 2 horas (2x2h) seguido de enfriamiento con aire. Esto da como resultado una dureza de 63 HRC para ambos materiales.

- 5 La composición de la matriz y la cantidad de MX primario a tres temperaturas de austenización diferentes se calcularon en una simulación Thermo-Calc con la versión de software S-build-2532. Los resultados se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1

Acero de la invención	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	MX (%)
1020° C	0,43	0,43	0,42	4,6	1,54	0,39	15,8
1050° C	0,47	0,42	0,42	4,6	1,65	0,48	15,5
1080° C	0,52	0,42	0,42	4,7	1,76	0,59	15,2
CPM®10V	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	MX (%)
1020° C	0,34	1	0,58	5,1	0,51	0,39	17,2
1050° C	0,38	1	0,58	5,1	0,54	0,48	17
1080° C	0,42	1	0,57	5,2	0,58	0,58	16,7

- 10 La Tabla 1 revela que la cantidad de fase dura en el acero de la invención era solo de aproximadamente un 1,5 % menor que la cantidad en el acero comparativo. Además, la simulación indica que la matriz contenía cantidades significativamente mayores de carbono y molibdeno que en el acero comparativo. Por lo tanto, se espera una respuesta de temple mejorada, así como una mayor dureza, de esta simulación. Esto también fue confirmado por los valores calculados, que indicaron una mayor dureza para el acero de la invención. Además, el acero de la invención es menos sensible a la disminución de la dureza a altas temperaturas, de modo que pueden usarse temperaturas de temple más altas para eliminar la austenita retenida sin afectar a la dureza.

- 15 Sorprendentemente, se descubrió que el acero de la invención también tenía una tenacidad mucho mejor. La energía de impacto sin muesca en la dirección transversal fue de 41 J en comparación con 11 J para el acero comparativo. La razón de esta mejora no está completamente aclarada, pero parece que el bajo contenido de Si en combinación con un alto contenido de Mo mejora la resistencia de los límites de grano. Por lo tanto, la tenacidad mejorada del acero de la invención permite mantener una alta dureza sin problemas con el astillado y, por lo tanto, mejorar la durabilidad y la vida útil de las herramientas de trabajo en frío.

25 **Pruebas de maquinabilidad**

- La maquinabilidad es un asunto complejo y puede evaluarse mediante una serie de pruebas diferentes para diferentes características. Las características principales son: vida útil de la herramienta, velocidad límite de eliminación de material, fuerzas de corte, superficie mecanizada y rotura de viruta. En el presente caso, se examinó la maquinabilidad del acero para herramientas de trabajo en caliente mediante perforación.

- La prueba de maquinabilidad de torneado se realizó en un torno NC Oerlikon Boehringer VDF 180C. Las dimensiones de la pieza de trabajo fueron Ø115x600 mm.

- 35 El valor V30 se usó para comparar la maquinabilidad de los aceros. El valor V30 se especifica como la velocidad de corte, que proporciona un desgaste del flanco de 0,3 mm después de 30 minutos de torneado. V30 es un método de prueba estandarizado descrito en ISO 3685 desde 1977. La operación de torneado se realizó a tres velocidades de corte diferentes hasta el desgaste del flanco de 0,3 mm. El desgaste del flanco se midió usando un microscopio óptico ligero. Se observó el tiempo para alcanzar el desgaste del flanco de 0,3 mm. Utilizando los valores de las velocidades de corte y los tiempos de giro correspondientes, se trazó el gráfico logarítmico doble de Taylor: tiempo frente a velocidad de corte  $V \times T^a = \text{constante}$ , a partir del cual fue posible estimar la velocidad de corte para la vida útil requerida de la herramienta de 30 minutos. La prueba de maquinabilidad de torneado se realizó sin enfriamiento utilizando una inserción de metal duro Coromant S4 SPGN 120304, una alimentación de 0,126 mm/revolución y una profundidad de corte de 1,0 mm.

- Se descubrió que el acero de la invención, que tenía un valor V30 de 51 m/min, tenía un mejor rendimiento que el acero comparativo, que solo tenía un valor V30 de 39 m/min.

50 **Aplicabilidad industrial**

El acero para herramientas de trabajo en frío de la presente invención resulta particularmente útil en aplicaciones que requieren una buena resistencia al desgaste en combinación con un astillado de alta resistencia.

**REIVINDICACIONES**

1. Acero para herramientas producido por pulvimetalurgia para trabajo en frío que consiste en % en peso (% en peso):

5

C	2,2 - 2,4
Si	0,1 - 0,55
Mn	0,2 - 0,8
Cr	4,1 - 5,1
Mo	3,1 - 4,5
V	7,2 - 8,5

opcionalmente uno o más de

N	0,02-0,15
P	≤ 0,05
S	≤ 0,5
Cu	≤ 3
Co	≤ 5
Ni	≤ 3
W	≤ 2
Nb	≤ 2
Al	≤ 0,1
Ti	≤ 0,1
Zr	≤ 0,1
Ta	≤ 0,1
B	≤ 0,6
Be	≤ 0,2
Bi	≤ 0,2
Se	≤ 0,3
Ca	0,0003 - 0,009
O	0,003 - 0,01
Mg	≤ 0,01
REM	≤ 0,2

10

siendo el resto Fe aparte de impurezas

2. Acero de acuerdo con la reivindicación 1 que cumple al menos uno de los siguientes requisitos:

C	2,25 - 2,35
Si	0,2 - 0,5
Mn	0,2 - 0,6
Cr	4,5-5,0
Mo	3,5 - 3,7
V	7,7 - 8,3
N	0,02 - 0,08
P	≤ 0,03
S	≤ 0,03
Cu	0,02 - 2
Co	≤ 1
Ni	≤ 1
W	≤ 0,3
Nb	≤ 0,5
Al	≤ 0,06
Ti	≤ 0,01
Zr	≤ 0,01
Ta	≤ 0,01
B	≤ 0,01
Be	≤ 0,02
Se	≤ 0,03
Mg	≤ 0,001

15

3. Acero de acuerdo con la reivindicación 1 o 2 que cumple al menos uno de los siguientes requisitos:

## ES 2 745 199 T3

C	2,26 - 2,34
Si	0,22 - 0,52
Mn	0,22 - 0,52
Cr	4,58 - 4,98
Mo	3,51 - 3,69
V	7,75 - 8,25
Cu	≤ 0,5
Ni	≤ 0,3

4. Acero de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende:

C	2,2 - 2,4
Si	0,1 - 0,55
Mn	0,2 - 0,8
Cr	4,1 - 5,1
Mo	3,1 - 4,5
V	7,2 - 8,5
N	0,02 - 0,08

5

siendo el resto Fe aparte de impurezas.

5. Acero de acuerdo con una cualquiera de las anteriores reivindicaciones que cumple al menos uno de los siguientes requisitos:

10

C	2,26 - 2,34
Si	0,22 - 0,52
Mn	0,22 - 0,52
Cr	4,58 - 4,98
Mo	3,51 - 3,69
V	7,75 - 8,25
N	0,03 - 0,06

6. Acero de acuerdo con una cualquiera de las anteriores reivindicaciones que cumple todos los siguientes requisitos:

15

C	2,26 - 2,34
Si	0,22 - 0,52
Mn	0,22 - 0,52
Cr	4,58 - 4,98
Mo	3,51 - 3,69
V	7,75 - 8,25

7. Acero de acuerdo con una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, en el que el contenido de Mo y V se ajusta para cumplir el requisito:

20

Mo/V 0,4 - 0,5.

8. Acero de acuerdo con una cualquiera de las anteriores reivindicaciones que tiene una tenacidad al impacto sin muescas en la dirección LT a 25 °C de 30 - 80 J con una dureza de 60 HRC en la condición endurecida y templada.

25

9. Acero de acuerdo con una cualquiera de las anteriores reivindicaciones que tiene un límite elástico de compresión de al menos 2400 MPa a 60 HRC.

10. Acero de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el contenido de Mo y V se ajusta para cumplir el requisito:

30

Mo/V 0,42 - 0,48.

11. Acero de acuerdo con la reivindicación 8 que tiene una tenacidad al impacto sin muescas en la dirección LT a 25 °C de 35-55 J, con una dureza de 60 HRC en la condición endurecida y templada.