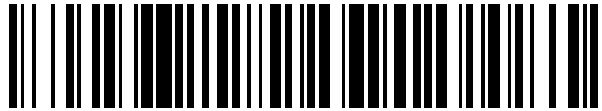


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 716 421**

51 Int. Cl.:

<b>C21D 1/18</b>	(2006.01)
<b>C21D 7/13</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/44</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/46</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/48</b>	(2006.01)
<b>C21C 5/00</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.10.2011 E 11008259 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.12.2018 EP 2535430**

54 Título: **Acero de herramientas para herramientas de conformación en caliente de alto rendimiento así como su proceso de producción**

30 Prioridad:

**15.06.2011 EP 11004855**  
**25.06.2011 EP 11006269**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**12.06.2019**

73 Titular/es:

**BUDERUS EDELSTAHL GMBH (100.0%)**  
**Buderusstrasse 25**  
**WETZIAR, DE**

72 Inventor/es:

**HIPPENSTIEL, FRANK y**  
**VETTER, PETER**

74 Agente/Representante:

**DÍAZ DE BUSTAMANTE TERMINEL, Isidro**

**Observaciones:**

**Véase nota informativa (Remarks, Remarques o Bemerkungen) en el folleto original publicado por la Oficina Europea de Patentes**

**ES 2 716 421 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 herramientas para herramientas de conformación en caliente de alto rendimiento así como su proceso de producción

5 **[0001]** La invención afecta a un acero de herramientas para herramientas de conformación en caliente de alto rendimiento, así como a un procedimiento para su fabricación.

10 **[0002]** Los aceros para el trabajo en caliente son aceros aleados para aplicaciones en las que la temperatura de superficie de las herramientas se sitúa generalmente por encima de los 200 °C. El grupo de acero está aleado, para el ajuste de la dureza en caliente y la resistencia al revenido necesarias, con contenidos correspondientemente altos de elementos de aleación, preferentemente cromo, molibdeno y vanadio (aceros CrMoV) legiert. Determinadas variedades de acero contienen níquel como elemento de aleación. Por lo general, los contenidos de carbono de los aceros para trabajos en caliente se sitúan entre el 0,30% y el 0,55% en masa.

15 **[0003]** Los aceros para trabajos en caliente se emplean para todas las herramientas de conformación de metales y otros materiales a temperaturas altas sin arranque de virutas. Son procesos de conformación primaria o conformación a altas temperaturas, entre otros, el fundido a presión, el forjado y la extrusión. Además, hay que mencionar el procesamiento de vidrio, el laminado, la extrusión en caliente, así como la conformación en caliente de componentes de carrocería de alta resistencia.

20 **[0004]** Los aceros para trabajos en caliente que son hoy de aplicación están normalizados por la norma DIN EN ISO 4 957 y figuran en la **Tabla 1**. En la actualidad, se utilizan habitualmente con más frecuencia los aceros al cromo-molibdeno-vanadio de endurecimiento secundario. Aparte de este grupo, los aceros al níquel-cromo-molibdeno y los aceros al níquel-cromo-molibdeno-vanadio, así como los aceros al wolframio-cromo-cobalto-vanadio forman dos grupos adicionales. La **Tabla 2** ofrece un resumen de los aceros para trabajos en caliente usuales conforme a la lista de aceros-hierros.

30 **[0005]** Los aceros al cromo-molibdeno-vanadio de endurecimiento secundario se utilizan preferentemente en el fundido a presión y la extrusión de metal ligero, así como para herramientas de alto rendimiento de prensas de forja para el forjado en estampa de acero. Debido a la requerida resistencia al revenido y al desgaste tiene lugar la correspondiente aleación, por lo general, con contenido de cromo del 5,0% en masa, así como del aprox. 1,0% en masa de molibdeno, y del 0,5 al 1,0% en masa de vanadio. Dado que estos elementos tienden a la formación de carburo, se forman precipitaciones en las estructuras del acero bonificado que garantizan las cualidades requeridas, pero que reducen la tenacidad del material. Una forma de aumentar la tenacidad de estos materiales consistía hasta ahora en la mejora de la formación de carburos en lo que respecta al tamaño y la distribución en la matriz del acero. Para ello se realizaron las correspondientes modificaciones en el proceso de fabricación. Estas consisten, por ejemplo, en la fabricación de estas calidades mediante procedimientos metalúrgicos especiales como la refusión por electroescoria (presión), la fusión por inducción al vacío o la refusión en horno de arco eléctrico al vacío, la homogeneización o el recocido de difusión de lingotes o las mediciones intermedias apropiadas durante la conformación en caliente del acero, tecnologías especiales de forja que deben ser capaces de generar un estado del material cuasi-isotrópico, así como procedimientos especiales de recocido de estructura fina. Con estas medidas y, por lo general, incluso con una combinación de distintas medidas individuales, se ha conseguido mejorar la vida útil de los aceros al cromo-molibdeno-vanadio para trabajos en caliente. Esto se debe fundamentalmente al incremento de la tenacidad como consecuencia de una distribución más homogénea de los carburos en la estructura del acero bonificado.

45 **[0006]** Los grupos de aceros al níquel-cromo-molibdeno y aceros al níquel-cromo-molibdeno-vanadio se emplean por lo general preferentemente para herramientas de forja de rendimiento dinámico y sensibles a las fisuras para el forjado en estampa. El motivo para ello es la tenacidad relativamente buena que se debe fundamentalmente al contenido en níquel. Sin embargo, en este grupo de aceros falta resistencia al revenido en el rango de temperaturas de 350 a 600 °C, en el que la dureza cae de forma significativa. Por ello, en su uso se debe contar con un desgaste mayor que ocasiona unos gastos de herramienta más altos.

55 **[0007]** Los aceros al wolframio-cromo-cobalto-vanadio solo se emplean en raras ocasiones en aplicaciones estándares debido a su elevado coste de producción. Por ello, su uso se limita únicamente a aplicaciones en las que se requiera una resistencia al calor claramente más elevada en comparación con los aceros al cromo-molibdeno-vanadio para trabajos en caliente. Al emplear este grupo de aceros se debe tener en cuenta que la tenacidad es en parte menor que en los aceros para trabajos en caliente al cromo-molibdeno-vanadio.

60 **[0008]** Resumiendo, se puede constatar que existen aceros para trabajos en caliente que se ajustan a las correspondientes exigencias en el ámbito de la conformación primaria, así como de la conformación sin arranque de virutas. Sin embargo, existe una cuestión parcialmente no resuelta en relación con el desarrollo de materiales, a saber: en qué medida se pueden aumentar la resistencia al calor y la tenacidad en las nuevas calidades de acero. A este respecto se han producido recientemente algunos esfuerzos. Así en DE 195 31 260 C5 se describe un procedimiento para la producción de un acero para trabajos en caliente. Sobre la base de un acero al níquel-cromo-molibdeno-vanadio se ha conseguido desarrollar una aleación de acero, incluido un proceso de fabricación, que

presenta tanto una mayor resistencia como una mayor tenacidad con una resistencia al desgaste similar en comparación con aceros para trabajos en caliente convencionales.

- 5 [0009] En EP 1 887 096 A1 también se describe un acero para trabajos en caliente, habiéndose desarrollado una composición de aleación que prevé fundamentalmente la reducción de cromo y que añade los otros elementos formadores de carburos (como molibdeno, wolframio o vanadio) en función de las exigencias de desgaste del ámbito de aplicación.
- 10 [0010] De US 2005/0115644 A1 se conoce un acero para moldes de inyección de plásticos o para la producción de componentes para el procesamiento de metales. En este caso, se ajusta el contenido de carbono en combinación con el contenido de manganeso, el contenido de níquel, el contenido de cromo y el contenido de molibdeno, existiendo adicionalmente una relación entre boro, aluminio, titanio, zirconio y nitrógeno.
- 15 [0011] De JP 05044655 se conoce un acero para trabajos en caliente en el cual se reduce el riesgo de grandes fisuras elevando la tenacidad a nivel de un acero endurecido y revenido, al mismo tiempo que se mantienen la dureza y la resistencia a las altas temperaturas, conteniendo el acero como elementos de aleación manganeso, níquel, cromo, vanadio, niobio y molibdeno o wolframio.
- 20 [0012] De JP 11368181 también se conoce un acero para trabajos en caliente que poseería muy buenas cualidades de soldadura y que aparte de un 0,1-0,3% de carbono, incluye silicio, manganeso, cromo, vanadio y molibdeno y/o wolframio, al mismo tiempo que una serie de otros metales adicionales.
- 25 [0013] De JP 01270917 se conoce también un acero para trabajos en caliente que se emplearía para el forjado a presión y que contiene, aparte de carbono, unos niveles relativamente altos de silicio y manganeso, así como también wolframio y molibdeno, así como vanadio y niobio. Mediante la composición química debería asegurarse que se reduce la cantidad de carburos residuales con una temperatura de revenido superior a la de los aceros convencionales, para impedir la cristalización de los carburos y garantizar la resistencia a las altas temperaturas. Para el afinamiento del grano se añade niobio.
- 30 [0014] La función de la presente invención consiste en desarrollar un acero para herramientas de conformación en caliente de alto rendimiento que posean las siguientes propiedades de uso fundamentales:
- estructura de grano fino y tenaz
  - buena maquinabilidad con alta resistencia al desgaste
  - 35 ▪ suficiente resistencia a altas temperaturas con muy buenas características de tenacidad
  - alta conductividad térmica
  - aplicación eficiente de los elementos de aleación
- 40 [0015] En comparación con los aceros al níquel-cromo-molibdeno-vanadio, la resistencia al revenido debía ser significativamente más alta, de modo que se pudiera cubrir un amplio espectro de aplicación en la construcción de herramientas. En la **Figura 4** se representa la tarea de desarrollo en lo que respecta a la resistencia al revenido, considerada como medida de resistencia al calor.
- 45 [0016] La eficiencia de recursos exigida se refiere fundamentalmente a los gastos de aleación. Las características imprescindibles del material deben conseguirse con el menor número posible de elementos de aleación nobles. Además, se deberá ajustar el proceso de fabricación de tal modo que el material se caracterice por una alta pureza metalúrgica, una baja segregación, así como por admitir un ennoblecimiento superficial posterior mediante, por ejemplo, soldadura y/o revestimiento térmico.
- 50 [0017] La tarea se cumple mediante un acero de herramientas para herramientas de conformación en caliente de alto rendimiento con las características de la reivindicación 1.
- [0018] Otra tarea consiste en la creación de un procedimiento para la fabricación del acero de herramientas.
- 55 [0019] Esta tarea se cumple mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 2.
- [0020] Otras formaciones vienen indicadas en las reivindicaciones subordinadas dependientes de estas.
- 60 [0021] El acero de herramientas conforme a la invención para herramientas de formado de alto rendimiento tiene la siguiente composición:

65

## ES 2 716 421 T3

Carbono:	0,28 a 0,40% en masa
Silicio:	0,03 a 0,50% en masa
Manganeso:	0,03 a 0,70% en masa
Cromo:	2,00 a 3,5% en masa
Níquel:	0,30 a 1,00% en masa
Molibdeno:	0,60 a 1,60% en masa
Vanadio:	0,15 a 0,35% en masa
Wolframio:	0,001 a 1,00% en masa
Niobio:	0,01 a 0,10% en masa, así como

5 un resto de hierro y otras impurezas habituales, presentando el acero una estructura tenaz de grano fino y cumpliendo la composición la siguiente condición:

$$9,5 \leq \%C \times 10 + \%V \times 5 + \%Mo \times 3 + \%W \times 2 + \%CR + \%Nb \times 3 \leq 16$$

10 **[0022]** Al contrario que en los aceros para herramientas de conformación en caliente habituales (llamados también aceros para trabajo en caliente), en la invención conforme a la patente se combinan las propiedades de uso de resistencia al calor y tenacidad de tal modo que es aplicable para un empleo muy económico de este acero a temperaturas de entre 200 y 600 °C. En comparación con los aceros para trabajos en caliente convencionales conocidos, se necesitan contenidos menores de elementos de aleación.

15 **[0023]** Alternativamente al contenido de vanadio, se puede añadir de un 0,15 a un 0,35% de niobio y/o de titanio.

20 **[0024]** Con la composición de la aleación propuesta se consigue una excelente combinación de resistencia al calor y tenacidad en estado bonificado. Con el contenido de carbono previsto de 0,28 a 0,40% en masa se obtienen resistencias del acero bonificado en el rango de las resistencias habituales en los aceros para trabajos en caliente al cromo-molibdeno-vanadio de 1400 a 1600 MPa. Los otros elementos de aleación fueron seleccionados de tal modo que se garantiza una muy buena resistencia al calor. Para mejorar la tenacidad, en comparación con los aceros para trabajos en caliente conocidos, se redujo notablemente el contenido de cromo y también el de vanadio. Esto tuvo como consecuencia la ligera reducción de la cantidad de carburos en la estructura del acero bonificado. Con ello se puede aumentar el potencial de tenacidad de la composición conforme a la invención. La reducción marginal de la resistencia al desgaste se compensó mediante la incorporación precisa de niobio. El niobio tiene además la ventaja de que durante la austenización necesaria para disolver posibles carburos intergranulares durante la bonificación o tratamiento térmico se evita un posible aumento del grano. Por ello se pueden usar temperaturas de austenización correspondientemente más altas que en el caso de los aceros comparables. Para el ajuste de las necesarias temperaturas de revenido superiores a los 550 °C, que ya son convenientes para la reducción de las tensiones residuales condicionadas por el tratamiento térmico, se requieren contenidos mínimos de carbono del 0,28% en masa, contenidos mínimos de cromo del 2,00% en masa, contenidos mínimos de molibdeno del 0,60% en masa y contenidos mínimos de vanadio del 0,15%. Si estos elementos, que aumentan la resistencia al calor de los aceros, se añaden en sus contenidos mínimos, se puede esperar un límite elástico en caliente de más de 800 MPa con temperaturas de hasta 550 °C.

35 **[0025]** En cuanto a propiedades de tenacidad, el acero para trabajos en caliente conforme a la invención es claramente superior a los aceros para trabajos en caliente conocidos manteniendo la misma resistencia. En el ensayo de resiliencia se determinan en las probetas ISO-V unos valores de energía de impacto un aprox. 20% más altos que en los aceros para trabajos en caliente CrMoV y NiCrMoV convencionales. Las excelentes propiedades del material se pudieron probar en ensayos de laboratorio que debían determinar el desgaste de herramientas para trabajos en caliente en condiciones operativas, en los que se documentan unos datos de vida útil inusualmente altos.

40 **[0026]** El procedimiento conforme a la invención para la fabricación de un acero de herramientas prevé que la producción del acero bruto se lleve a cabo en un horno de arco eléctrico o convertidor LD con posterior tratamiento metalúrgico secundario de la masa fundida en el horno de cuchara y/o instalaciones de desgasificación, eligiéndose como proceso de desoxidación una desoxidación por silicio, aluminio, carbono y/o por difusión, colándose después del tratamiento metalúrgico secundario el acero de herramientas en el procedimiento de colada continua o en

lingotera formando un desbaste plano (o planchón), un lingote desbastado o un lingote en bruto, ajustando la sección de solidificación en función de la posterior medida del lingote de acero de herramientas y sometándose el acero de herramientas colado a un tratamiento de homogeneización a unos 1250-1300 °C durante un tiempo mínimo de 24 horas.

5  
 10 [0027] La producción de acero en bruto tiene lugar en un horno de arco eléctrico o convertidor LD con posterior tratamiento metalúrgico secundario de la masa fundida en el horno de cuchara y/o instalaciones de desgasificación. Como proceso de desoxidación se puede elegir entre una desoxidación por silicio o aluminio, o por difusión o carbono. El empleo de medidas metalúrgicas secundarias para la globulización de inclusiones como por ejemplo la inclusión de calcio o el uso de escorias superiores profundidas puede ser usado para el ajuste del grado de pureza exigido. A continuación tiene lugar el colado del acero en el procedimiento de colada continua o en lingotera formando un desbaste plano (o planchón), un lingote desbastado o un lingote en bruto; la sección de solidificación se ajustará a la posterior medida del lingote de acero de herramientas y al proceso de conformación en caliente.

15 [0028] Antes de la conformación en caliente del lingote desbastado o lingote en bruto, tiene lugar un tratamiento de homogeneización o recocido de difusión a unos 1250-1300 °C. La duración se regirá por el tamaño del lingote, aunque será al menos de unas 24 horas. El recocido de difusión sirve para la homogeneización de la composición química y minimiza las posibles segregaciones de cristales.

20 [0029] La conformación en caliente que tiene lugar a continuación se realiza preferentemente mediante el forjado a temperaturas de unos 1200-850 °C y con al menos un triple grado de deformación. Después del posterior enfriamiento, la pieza conformada es austenizada a unos 850-900 °C y a continuación mantenida entre 50 y 100 horas a una temperatura isotérmica de entre 680 y 710 °C para la conversión en la fase perlita. A continuación tiene lugar un tratamiento de estructura fina para el ajuste de una estructura de grano fino con distribución homogénea de carburos.

25  
 30 [0030] Tras este tratamiento, se mecanizan las piezas forjadas convirtiéndolas en piezas brutas para las herramientas para trabajos en caliente, en su caso, se procesan conforme a los correspondientes planos de fabricación, y después se bonifican. Para ello, se bonifican las piezas austenizadas a unos 850-950 °C en un medio que puede ser aceite, polímero o agua. También se pueden endurecer las piezas (pre)tratadas en un baño de plomo o salino o, de forma alternativa, por ejemplo en una simulación de baño caliente al vacío. En cualquier caso, después del temple rápido, las piezas se enfrían preferentemente al aire a temperatura ambiente y entonces son revenidas conforme al diagrama de revenido para obtener la resistencia deseada. Habitualmente, después del bonificado se llevan a cabo al menos dos revenidos hasta obtener una dureza que por lo general asciende a un máximo de 4 6 HRc. Después del revenido tiene lugar un lento enfriamiento a temperatura ambiente para conseguir un estado del material bajo en tensiones.

35  
 40 [0031] El nuevo acero CrMoNiV es especialmente apropiado como acero para trabajos en caliente, por su tenaz estructura de grano fino y su significativamente mayor conductividad térmica en comparación con los aceros CrMoV conocidos, para todo tipo de herramientas de conformación en caliente de metales, como por ejemplo estampas de forja o conformación en caliente de chapas, pero también para herramientas de procesamiento de metales ligeros en caliente, como por ejemplo el fundido a presión.

45 [0032] La **Figura 3** presenta los resultados fundamentales de los ensayos de materiales del acero conforme a la invención frente a los de los aceros para trabajos en caliente conocidos. De la representación se desprende que el acero conforme a la invención no tiene nada que envidiar a los aceros para trabajos en caliente aleados al CrMoV, sino que en particular en el rango de temperaturas comprendidas entre los 500 y los 600 °C presenta mejores valores de resistencia y tenacidad. El mayor potencial de tenacidad sirve en especial en la industria de la estampación para evitar la rotura prematura de estampas, la cual dificulta, en caso de grabados profundos con riesgo de fractura o también de temperaturas de herramienta irregulares, la calculabilidad de los procesos de forja o de la duración de la herramienta. Sin embargo, los procesos de forja calculables son necesarios para un cálculo de costes fiable, así como para una producción económica de piezas de conformación en caliente. Además, con el aumento del potencial de tenacidad también se atiende la seguridad operativa de las herramientas de forja. Adicionalmente, en comparación con los aceros al CrMoV conocidos, el acero conforme a la invención se caracteriza por una significativamente mejor conductividad térmica, lo cual se refleja también positivamente en las propiedades de uso.

60

REIVINDICACIONES

1. Acero de herramientas para herramientas de conformación en caliente de alto rendimiento con la siguiente composición:

Carbono:	0,28 a 0,40% en masa
Silicio:	0,03 a 0,50% en masa
Manganeso:	0,03 a 0,70% en masa
Cromo:	2,00 a 3,5% en masa
Níquel:	0,30 a 1,00% en masa
Molibdeno:	0,60 a 1,60% en masa
Vanadio:	0,15 a 0,35% en masa
Wolframio:	0,001 a 1,00% en masa
Niobio:	0,01 a 0,10% en masa, así como

5 un resto de hierro y otras impurezas habituales, presentando el acero una estructura tenaz de grano fino y cumpliendo la composición la siguiente condición:

10  $9,5 \leq \%C \times 10 + \%V \times 5 + \%Mo \times 3 + \%W \times 2 + \%CR + \%Nb \times 3 \leq 16$

15 **2.** Procedimiento para la fabricación de un acero de herramientas conforme a la reivindicación 1 **caracterizado por que** la producción del acero bruto se lleva a cabo en un horno de arco eléctrico o convertidor LD con posterior tratamiento metalúrgico secundario de la masa fundida en horno de cuchara y/o instalaciones de desgasificación, eligiéndose como proceso de desoxidación una desoxidación por silicio, aluminio, carbono y/o por difusión, colándose después del tratamiento metalúrgico secundario el acero de herramientas en el procedimiento de colada continua o en lingotera formando un desbaste plano (o planchón), un lingote desbastado o un lingote en bruto, ajustándose la sección de solidificación a la posterior medida del lingote de acero de herramientas y sometiéndose 1 el acero de herramientas colado a un tratamiento de homogeneización a unos 1250-1300 °C durante un tiempo mínimo de 24 horas.

25 **3.** Procedimiento conforme a la reivindicación 2, **caracterizado por que** el acero de herramientas se somete a una conformación en caliente mediante forja a unas temperaturas de aprox. 850-1200 °C con al menos un triple grado de deformación.

30 **4.** Procedimiento conforme a la reivindicación 3, **caracterizado por que** después del posterior enfriamiento del material, la pieza conformada es austenizada a unos 850-900 °C y a continuación mantenida entre 50 y 100 horas a un temperatura isotérmica de entre 680 y 710 °C para la conversión en la fase perlita.

35 **5.** Procedimiento para la fabricación de piezas brutas para herramientas para trabajos en caliente a partir de un acero de herramientas conforme a una de las reivindicaciones de 2 a 4 con la composición conforme a la reivindicación 1, **caracterizado por que** las piezas brutas a partir del acero de herramientas son bonificadas después de un tratamiento mecánico, bonificándose las piezas austenizadas a unos 850-950 °C en un medio de aceite, polímero o agua, o endureciéndose las piezas tratadas en un baño de plomo o salino, o de forma alternativa en una simulación de baño caliente al vacío, enfriándose las piezas después del temple rápido al aire a temperatura ambiente y reviniéndose entonces conforme al diagrama de revenido para obtener la resistencia deseada.

40 **6.** Procedimiento conforme a la reivindicación 5, **caracterizado por que** el acero colado es sometido antes o entre las fases de la conformación en caliente a un procedimiento de refusión por electroescoria.

45 **7.** Procedimiento conforme a la reivindicación 6, **caracterizado por que** mediante la refusión se omite el tratamiento de homogeneización/recocido de difusión del acero colado.

## ES 2 716 421 T3

**8.** Empleo del acero de herramientas conforme a la reivindicación 1 para la fabricación de herramientas de conformación en caliente.

**5** **9.** Empleo del acero de herramientas conforme a la reivindicación 1 para la fabricación de herramientas de moldes de plástico.

No. de orden	Abreviatura	Material No.	Composición Química Componentes Principales (% en masa)									
			C	Si	Mn	Cr	Mo	V	W	otras		
1	55NiCrMoV7	1.2714	0,50-0,60	0,10-0,40	0,60-0,90	0,80-1,20	0,35-0,55	0,05-0,15	-	Ni:1,50-1,80		
2	32CrMoV12-28	1.2365	0,28-0,35	0,10-0,40	0,15-0,45	2,70-3,00	2,50-3,00	0,40-0,70	-	-		
3	X37CrMoV5-1	1.2343	0,33-0,41	0,80-1,20	0,25-0,50	4,80-5,50	1,10-1,50	0,30-0,50	-	-		
4	X38CrMoV5-3	1.2367	0,35-0,40	0,30-0,50	0,30-0,50	4,80-5,20	2,70-3,20	0,40-0,60	-	-		
5	X40CrMoV5-1	1.2344	0,35-0,42	0,80-1,20	0,25-0,50	4,80-5,50	1,20-1,50	0,85-1,15	-	-		
6	50CrMoV13-15	1.2355	0,45-0,55	0,20-0,80	0,50-0,90	3,00-3,50	1,30-1,70	0,15-0,35	-	-		
7	X30WCrV9-3	1.2581	0,25-0,35	0,10-0,40	0,15-0,45	2,50-3,20	-	0,30-0,50	8,50-9,50	-		
8	X35CrWMoV5	1.2605	0,32-0,40	0,80-1,20	0,20-0,50	4,75-5,50	1,25-1,60	0,20-0,50	1,10-1,60	-		
9	38CrCoWV18-17-17	1.2661	0,35-0,45	0,15-0,50	0,20-0,50	4,00-4,70	0,30-0,50	1,70-2,10	3,80-4,50	Co:4,00-4,50		

Fig 1



No. de orden	Abreviatura	Materi al No.	Composicion Quimica Componentes Principales (% en masa)												
			C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V	W	Co	Nb	
1	CrMoNiv-Acero para herramientas de trabajo en caliente		Acero conforme a la reivindicacion principal de la invencion												
			0,28-040	0,03-0,50	0,03-0,70	-	-	2,00-3,50	0,30-1,00	0,60-1,50	0,60-1,50	0,01-1,00	-	-	0,01-0,10
Aceros para trabajos en caliente habituales para herramientas (conforme a la lista de aceros-hierros)															
Grupo I: Aceros aleados al niquel NiCrMo y NiCrMoV para trabajos en caliente															
2	55NiCrMoV7	1.2714	0,50-0,60	0,10-0,40	0,60-0,90	≤0,030	≤0,030	0,80-0,20	1,50-1,20	0,35-0,55	0,05-0,15	-	-	-	-
3	57NiCrMoV7-7	1.2744	0,50-0,60	0,15-0,35	0,60-0,80	≤0,035	≤0,035	0,90-1,20	1,50-1,80	0,70-0,90	0,70-0,12	-	-	-	-
4	45NiCrMoV16-6	1.2746	0,41-0,49	0,15-0,35	0,60-0,80	≤0,025	≤0,020	1,40-1,60	3,80-4,20	0,73-0,85	0,45-0,55	-	-	-	-
5	28NiMo17	1.2747	0,24-0,31	0,15-0,35	0,20-0,40	≤0,030	≤0,030	0,30-0,50	4,20-4,70	1,15-1,25	0,15-0,20	-	-	-	-
6	35 NiCrMo16	1.2766	0,32-0,38	0,15-0,30	0,40-0,60	≤0,035	≤0,035	1,20-1,50	3,80-4,30	0,20-0,40	-	-	-	-	-
7	45NiCrMo16	1.2767	0,40-0,50	0,10-0,40	0,20-0,50	≤0,030	≤0,030	1,20-1,50	3,80-4,30	0,15-0,35	-	-	-	-	-
Grupo II: Aceros aleados CrMoV para trabajos en caliente															
8	X37CrMoV5-1	1.2343	0,33-0,41	0,80-1,20	0,25-0,50	≤0,030	≤0,020	4,80-5,50	-	1,10-1,50	0,30-0,50	-	-	-	-
9	X40CrMoV5-1	1.2344	0,35-0,42	0,80-1,20	0,25-0,50	≤0,030	≤0,020	4,80-5,50	-	1,20-1,50	0,85-1,15	-	-	-	-
10	32CrMoV12-26	1.2365	0,28-0,35	0,10-0,40	0,15-0,45	≤0,030	≤0,020	2,70-3,20	-	2,50-3,00	0,40-0,70	-	-	-	-
11	X38CrMoV5-3	1.2367	0,35-0,40	0,30-0,50	0,30-0,50	≤0,030	≤0,020	4,80-5,20	-	2,70-3,20	0,40-0,60	-	-	-	-
Grupo III: Aceros aleados WCrCoV para trabajos en caliente															
12	X30WCrCoV9-3	1.2662	0,27-0,32	0,15-0,30	0,20-0,40	≤0,035	≤0,035	2,20-2,50	-	-	0,20-0,30	8,00-9,00	1,80-2,30	-	-
13	X45CoCrWV5-5-5	1.2678	0,40-0,50	0,30-0,50	0,30-0,50	≤0,025	≤0,025	4,00-5,00	-	0,40-0,60	1,80-2,10	4,00-5,00	4,00-5,00	-	-

Fig 2

Comparación de las propiedades principales			
Propiedad	Acero NiCrMoV conocido 1.2714	Acero CrMoV conocido 1.2344	Acero CrMoNiV conforme a la invención
Límite elástico en caliente (bonificado a aprox. 1400 MPa) [MPa]	500°C	820	945
	550°C	390	850
	800°C	200	560
Valor de resiliencia a temperatura Ambiente (bonificado a 1400 MPa) [J/cm <sup>2</sup> ]	20	19	25
Conductividad Térmica [W/mK]	20-100 °C	36,0	38,3
	20-250 °C	37,5	37,1
	20-500 °C	34,5	35,3

Fig. 3

