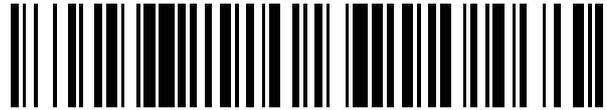


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 446 716**

51 Int. Cl.:

C22C 38/22

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.08.2010 E 10751807 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.11.2013 EP 2470681**

54 Título: **Acero al cromo inoxidable martensítico**

30 Prioridad:

24.08.2009 DE 102009038382

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

10.03.2014

73 Titular/es:

**STAHLWERK ERGSTE WESTIG GMBH (100.0%)
Letmather Strasse 69
58239 Schwerte , DE**

72 Inventor/es:

**KLOSS-ULITZKA, GISBERT;
PACHER, OSKAR;
SCHNABEL, GÜNTER y
ZEITZ, VERA**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 446 716 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 al cromo inoxidable martensítico

Descripción

La invención se refiere a un acero al cromo inoxidable martensítico y a su uso.

5 Estos tipos de aceros son ampliamente conocidos y son adecuados, en función de su composición, para muy diferentes espectros de aplicaciones.

De este modo, por ejemplo, la patente alemana 100 27 049 B4 describe un acero al cromo martensítico con 0,4 hasta 0,75% de carbono, hasta 0,7% de silicio, hasta 0,2% de níquel, 0,4 hasta 1,6% de manganeso, 0,02 hasta 0,15% de azufre, 12 hasta 19% de cromo, 0,5 hasta 1,5% de molibdeno, hasta 1,5% de tungsteno, hasta 0,1% de nitrógeno y 0,05 hasta 0,3% de vanadio, titanio y niobio, por separado o conjuntamente, así como hasta 0,008% de boro. Este acero posee una buena procesabilidad, resistencia a la corrosión y escasa deformabilidad plástica, así como una elevada resistencia al desgaste y a la abrasión; por lo tanto, sin un revestimiento galvánico es un material apropiado para agujas industriales y permite, en especial, una elevada velocidad de costura.

10

Sin embargo, el material es menos adecuado para un uso cuya característica principal sea el contacto abrasivo o deslizante de metal sobre metal en presencia de una película de lubricante. Esto es especialmente válido para piezas que se encuentran en contacto con carburantes, sobre todo biocombustibles, en las que, además de otras propiedades del material, se considera fundamental una buena formación o adhesión a la película lubricante, cuya duración depende, por consiguiente, de la abrasión del material cuando se produce un contacto abrasivo entre metales como sucede en el caso de válvulas y dosificadores de aguja, así como de anillos rascadores de aceite de compresores.

15

20

Sin embargo, una película de este tipo, capaz de reducir el desgaste por roce, no requiere en todos los casos de la aplicación un lubricante como aceite y grasa, es decir, compuestos de hidrocarburos de alto peso molecular, sino que las piezas pueden estar lubricadas, al igual que en los sistemas de inyección o anillos rascadores de aceite, por el propio carburante, por ejemplo un combustible. En este caso, resulta siempre decisiva la existencia de una película capaz de inhibir el desgaste. En la práctica se utiliza una serie de aditivos, en parte caros y en parte perjudiciales para el medio ambiente, tales como aditivos EP (de presión extrema), detergentes, aditivos HD, compuestos de plomo y difenilos clorados para influir y, en particular, para estabilizar y fijar la capa que inhibe el desgaste.

25

En estos casos, especialmente en los sistemas para transportar o comprimir carburantes o, también, en aros de émbolos y sellos rascadores, así como válvulas o dosificadores de aguja, también para mezclas químicas o farmacéuticas, resulta decisiva la estabilidad así como la fuerza de adhesión de la capa superficial que reduce el desgaste. No obstante, en diferentes sistemas no es posible alcanzar una estabilización, como ocurre por ejemplo con los nuevos combustibles que contienen metanol y etanol.

30

A ello se añade que la legislación, por motivos ecológicos, prohíbe en numerosos casos el uso de aditivos y suplementos tales como, por ejemplo, compuestos que contienen plomo.

35

En investigaciones exhaustivas se ha puesto de manifiesto ahora que la abrasión en los aceros al cromo martensíticos está fuertemente influida por la humectabilidad de la superficie. De esta forma, un acero de este tipo está sometido, también cuando tiene una elevada resistencia, a un desgaste intensivo que se puede atribuir a una humectación insuficiente de la superficie de acero por parte del lubricante. Bajo la acción de determinadas fuerzas se puede producir un desplazamiento localizado del lubricante, y este riesgo es especialmente importante en los casos en que elevaciones microscópicas de la superficie están sometidas a una presión específica correspondientemente alta. Esto tiene su origen en un desplazamiento de las moléculas del lubricante sobre dichas elevaciones y puntas que, como consecuencia del desgaste dinámico, se separan y sufren desgarros. El resultado de un desgaste de adhesión de este tipo es un incremento de la rugosidad de la superficie metálica y un desgaste consiguientemente mayor.

40

45

Por lo tanto, la invención tiene como tarea encontrar un acero al cromo inoxidable martensítico que, debido a su afinidad química y a su mayor fuerza de adhesión, posea una mejor humectabilidad y forme una película lubricante estable, y que sea mucho más difícil de alterar o desplazar que en los aceros actuales de este tipo y, por consiguiente, provoque un desgaste menor.

50 La solución de este problema se halla en un acero al cromo martensítico con

- 0,40 hasta 0,80% de carbono
- 0,20 hasta 1,50% de silicio
- 0,15 hasta 1,00% de níquel

ES 2 446 716 T3

0,30 hasta 1,00% de manganeso
0,015 hasta 0,035% de azufre
16 hasta 18% de cromo
1,25 hasta 1,50% de molibdeno
hasta 0,8% de tungsteno
0,04 hasta 0,08% de nitrógeno
0,15 hasta 0,20% de vanadio
hasta 0,05% de titanio
hasta 0,05% de niobio
0,001 hasta 0,03% de aluminio
0,02 hasta 0,5% de cobre
hasta 0,5% de cobalto
hasta 0,004% de boro

resto hierro, incluidas las impurezas generadas por la fundición.

Preferiblemente, el acero contiene de manera individual o conjunta

0,55 hasta 0,75% de carbono
hasta 0,65% de silicio
hasta 0,8% de manganeso
al menos 0,001% de tungsteno.

5 La práctica se ha orientado hasta la fecha a ensayos de desgaste en seco, es decir, a los resultados de ensayos realizados sin lubricante. Se demostró que el desgaste por fricción causada por el contacto también es considerable cuando se utiliza un lubricante.

10 El carbono forma austenita y, por lo tanto, estabiliza la red cristalina austenítica. Sin embargo, junto con los formadores de carburo, el carbono contribuye al mismo tiempo a la formación de precipitados carbídicos, que determinan un aumento de la dureza y resistencia a la abrasión del acero. Con el fin de evitar la separación de grano grueso y en disposición lineal de carburos de cromo, es recomendable proceder a la eliminación previa de otros carburos en estado austenítico, los cuales mejoran la homogeneidad de los carburos. Por lo tanto, el acero contiene 0,40 hasta 0,80%, preferiblemente 0,55 hasta 0,75% de carbono.

El silicio actúa como agente de desoxidación. Sin embargo, contenidos mayores pueden conducir a la formación de fases intermetálicas. Por otra parte, el silicio también es un formador de ferrita. El acero contiene, por lo tanto, 0,2 hasta 1,5% de silicio, preferiblemente hasta 0,65% de silicio.

15 El níquel pertenece a los formadores de austenita, si bien la proporción de austenita en la estructura conlleva el riesgo de un empeoramiento de las propiedades de desgaste. Por otra parte, el níquel es conveniente como componente de la red cristalina debido a su efecto sobre la proporción c/a de la martensita. El acero contiene por lo tanto 0,15 hasta 1% de níquel.

20 El manganeso estabiliza la austenita y desplaza de forma conveniente la formación de martensita a temperaturas más bajas. El contenido máximo de manganeso es, por lo tanto, de 1%, si bien no se debe bajar de un contenido mínimo de 0,30%, porque el manganeso modifica al mismo tiempo también la proporción c/a de la martensita recién formada e influye favorablemente sobre el comportamiento de precipitación de los precipitados finos en el entorno austenítico.

25 El contenido de azufre está limitado a un valor máximo de 0,035%, puesto que con contenidos mayores de azufre pueden formarse precipitados sulfídicos molestos.

30 El cromo es necesario para garantizar la resistencia a la corrosión del acero en combinación con su contenido de molibdeno de 1,25% hasta 1,50%, especialmente una resistencia suficiente contra la corrosión por picaduras. El contenido de cromo asciende, por lo tanto, a por lo menos 16%. En relación con la acción que ejerce el cromo sobre el aumento de ferritina, su contenido está limitado a 18%. La acción sinérgica de cromo y molibdeno con respecto a la resistencia a las picaduras está especialmente garantizada entonces cuando los contenidos de cromo, molibdeno y tungsteno satisfacen la ecuación siguiente:

$$(\% \text{ de Cr}) + 3(\% \text{ de Mo}) + (\% \text{ de W}) = 19,7 \text{ hasta } 23,3$$

35 El acero contiene 0,001 hasta 0,8% de tungsteno, preferiblemente al menos 0,001% de tungsteno que, junto con el hierro y el molibdeno, forma carburos mixtos que contribuyen de manera considerable a la resistencia térmica del acero y que en el revenido da lugar a la generación de precipitados secundarios en forma de carburos superiores.

El nitrógeno forma junto con el carbono carbonitruros, sin embargo deteriora también la humectabilidad del acero con respecto a lubricantes de hidrocarburos, por lo que el contenido máximo de nitrógeno está limitado a 0,08%.

ES 2 446 716 T3

El acero contiene vanadio, niobio y titanio como formadores de carburos, con la ventaja de que estos, teniendo en cuenta la afinidad por el carbono, forman ya a temperaturas muy altas núcleos de cristalización para la generación de carburos de cromo. El contenido de vanadio asciende, por lo tanto, a 0,15 hasta 0,20% frente a contenidos de titanio y niobio de hasta 0,05%, respectivamente. Es especialmente conveniente, en este caso, la siguiente suma de acción de los formadores de carburo:

$$K1 = (\% \text{ de Nb}) + (\% \text{ de Ti}) + (\% \text{ de V}) = 0,15 \text{ hasta } 0,25$$

Adicionalmente, el acero contiene 0,001 hasta 0,03% de aluminio como agente de desoxidación, pero no una cantidad superior porque contenidos mayores de aluminio tienen una acción fragilizante.

El contenido de cobre asciende a un valor máximo de 0,5% y da lugar, especialmente en el templado, a precipitados secundarios de grano fino que, junto con otros precipitados, mejoran la humectabilidad del acero para aceites o hidrocarburos.

Por último, el cobalto estimula la formación de ϵ -carburos y otros precipitados finos; de este modo, mejora la resistencia térmica del acero. Por motivos de costo, sin embargo, no se deberá superar un contenido de cobalto de 0,5%.

Dado que un 90% de los carburos de cromo, que son decisivos para las propiedades del material, se forman durante el enfriamiento, bajo la influencia de núcleos de cristalización, en el intervalo de temperaturas de 1.100 hasta 900°C la velocidad de enfriamiento no debería ser superior en este caso a 50°C/seg (tratamiento térmico A) para no alterar la formación de carburos y evitar que una parte de los reactivos se mantenga metaestable durante la formación de los carburos en lugares intermedios de la red. Con la continuación del enfriamiento, por debajo de la temperatura MS, se forma de manera espontánea martensita a partir de la red cristalina centrada cúbicamente en el espacio, con la consecuencia de que los carburos que se han formado previamente se incluyen en la martensita; sin embargo, cuanto menor es el estado de tensión de la matriz, más finamente distribuidos se encuentran los carburos. Este estado potencia de manera muy esencial la humectabilidad a los lubricantes o aceites de la superficie del acero.

La martensita procedente de la transformación de austenita tiene una red cristalina deformada de manera tetragonal con una proporción de los ejes cristalinos a/c mayor que 1. De esta forma, es posible influir sobre la martensita que se forma durante la transformación, por medio de un tratamiento térmico que se lleva a cabo en un intervalo de temperatura menor que 550°C después de la formación de la martensita, de manera que se reduce la proporción de ejes cristalinos s/c, lo cual actúa de forma extraordinariamente conveniente sobre las propiedades del material. Esta ventaja se obtiene, sobre todo, cuando el contenido total de niobio, titanio y vanadio satisface la condición siguiente:

$$K1 = (\% \text{ de Nb}) + (\% \text{ de Ti}) + (\% \text{ de V}) = 0,15 \text{ hasta } 0,25.$$

Por debajo del valor de 0,15, la formación de núcleos es menos favorable, de modo que el carburo de cromo puede experimentar una inhibición de la cristalización y, posteriormente, separarse por cristalización. A ello se asocia un carburo de cromo de grano grueso con una distribución desfavorable en la matriz. Si se rebasa el valor límite superior, en lugar de carburos primarios finos pueden formarse carburos MC gruesos de niobio, titanio y vanadio. De este modo, se pierde el efecto de los elementos anteriormente mencionados como núcleos de cristalización carbídica para los carburos de cromo.

El tratamiento térmico B consiste, en este caso, en un templado a 100 hasta 550°C, preferiblemente a por lo menos 200°C, que conduce a la formación de precipitados finos en la martensita estabilizada en el anterior tratamiento térmico A, en el intervalo de temperaturas de 1.100 hasta 900°C. Los átomos que se encuentran en solución, tales como los de cobre y cobalto, así como los elementos formadores de carburo juegan en este caso un papel fundamental, puesto que se incorporan en los precipitados finos que influyen ventajosamente sobre la humectación para lubricantes sobre todo de la matriz determinada según:

$$K2 = 100 \times (\% \text{ de N-0,03}) \times (\% \text{ de N})/C = 0,053 \text{ hasta } 0,730$$

Resulta ventajoso además el mantenimiento de la condición

$$K3 = (\% \text{ de Ni}) + (\% \text{ de Co}) / (\% \text{ de Mn}) = 0,40 \text{ hasta } 3,33.$$

A continuación, la invención se explicará más detalladamente mediante ejemplos de realización y los dibujos.

En los dibujos se muestra

Fig. 1 en representación esquemática, una gota de aceite sobre una superficie de acero;

Fig. 2 un dispositivo para determinar el desgaste por abrasión, en una representación esquemática, y

Fig. 3 el ancho de huella R de una pista de arrastre de esfera según la Fig. 2, como medida de la resistencia al desgaste.

En la Tabla I siguiente figuran los análisis de cinco aceros comparativos actuales V1 hasta V5, y de tres aceros E1 hasta E3 comprendidos por la invención.

5 Tabla I

Aleación	%C	%N	%Ni	%Si	%Mn	%Cr	%Mo	%W	%V	%Cu	%Co
V1	0,80	0,12	0,06	0,54	0,34	14,80	0,75	Indicio	0,12	0,25	n.n.
V2	0,58	0,09	0,08	0,71	0,45	15,40	0,45	n.n.	0,10	0,31	n.n.
V3	0,79	0,25	0,95	0,65	0,65	19,25	0,95	0,25	0,08	0,30	n.n.
V4	0,71	0,18	0,25	0,61	0,70	20,20	1,05	0,80	0,05	0,28	n.n.
V5	0,49	0,22	0,30	0,55	1,20	22,40	2,10	0,24	0,30	0,34	n.n.
E1	0,56	0,06	0,25	0,35	0,44	16,50	1,32	0,12	0,17	0,32	0,01
E2	0,60	0,05	0,29	0,47	0,45	17,20	1,35	0,40	0,16	0,25	0,08
E3	0,65	0,07	0,38	0,54	0,37	17,80	1,45	0,72	0,19	0,42	0,12

n.n. = no detectable

La Tabla II siguiente ofrece los valores de suma para K1 hasta K3 obtenidos de los análisis.

Tabla II

K1	K2	K3
0,12	1,35	0,18
0,10	0,93	0,18
0,18	6,96	1,46
0,13	3,80	0,36
0,36	8,53	0,25
0,19	0,32	0,59
0,17	0,17	0,82
0,19	0,43	1,35

10 Ocho de las muestras 1 a 8 según el estado de la técnica y nueve de las muestras 9 a 17 según la invención con las composiciones indicadas en la Tabla I se fundieron en un horno de frecuencia media, bajo gas protector, y se depositaron en un molde para formar barras de muestra, exponiéndolas durante 30 min a 1.200°C. Seguidamente, con las muestras se forjaron varillas, se eliminó la capa de cascarilla y por medio de placas de corte para metales duros, se tornearon para formar varillas cilíndricas de muestra. Las varillas de muestra tuvieron un diámetro de 15 mm y se sometieron a diferentes temperaturas de austenización (A) y de templado (B) para determinar finalmente la
15 calidad de la humectación para el aceite y el desgaste por abrasión.

El recocido de austenización designado con A en la Tabla III se llevó a cabo a 1.020°C o 1.050°C, seguido de un rápido enfriamiento, con una velocidad de enfriamiento de al menos 50°C/seg hasta 800°C, y un enfriamiento subsiguiente en el plazo de 5 min hasta 300°C, así como un enfriamiento lento hasta temperatura ambiente.

20 Por último, de acuerdo con la serie de ensayo B, las muestras se calentaron a una temperatura de 100 hasta 530°C, enfriándolas a temperatura ambiente con una velocidad de 100°C/h.

25 Para determinar la humectabilidad, las muestras se lijaron y pulieron, se purificaron en un baño acuoso de ultrasonido a 50°C, se mantuvieron otros 20 min en agua destilada caliente, bajo el efecto de ultrasonidos, se eliminaron los restos del agente de purificación y, a continuación, se secaron. Para determinar el índice de humectabilidad B se aplicaron, con ayuda de un microdosificador, 10 µl de aceite de parafina sobre cada muestra y se midió el ancho B de las gotas de aceite que se formaron tal como se indica esquemáticamente en la Fig. 1. Los

ES 2 446 716 T3

resultados obtenidos de la medición, junto con la correspondiente temperatura de austenización aparecen representados en la Tabla III siguiente.

Tabla III

Ensayo Nº	Aleación	Tratamiento térmico		Humectación B	Abrasión R	Ensayo de corrosión
		A	B			
1	V1	1050	-	2,10	205	5
2	V2	1050	-	2,30	195	5
3	V3	1050	-	1,98	200	3
4	V3	1020	530	2,00	205	3
5	V4	1050	530	2,12	190	2
6	V5	1050	480	2,00	196	1
7	V5	1050	530	2,21	200	1-2
8	V1	1050	550	2,50	180	5
9	E1	1050	530	3,40	132	1
10	E1	1020	550	3,10	135	1
11	E1	1050	500	3,50	130	0-1
12	E2	1050	480	3,70	125	0-1
13	E2	1050	500	3,40	134	1
14	E2	1050	530	3,35	130	1
15	E3	1050	450	3,60	135	1
16	E3	1050	430	4,00	115	1
17	E3	1050	400	3,70	125	1

- 5 La resistencia a la abrasión o al desgaste se determinó con ayuda de un ensayo "pin on disk" modificado. Para el mismo, las muestras cilíndricas se sometieron a una rectificación de plano, se purificaron a continuación, se fijaron en un soporte y entonces, de acuerdo con la Fig. 2, se sometieron a una carga dinámica bajo un husillo de acero rotatorio con una bola de metal duro excéntrica bajo presión y pretensión de muelle. Durante el ensayo, la zona de contacto entre la bola de metal duro deslizante y la superficie de la muestra se lubricó constantemente aplicando aceite lubricante en forma de gotas. Después del período de ensayo se midió al microscopio el ancho medio R de la
- 10 huella de deslizamiento o desgaste en cuatro puntos contrapuestos entre sí a noventa grados y se obtuvo el valor medio R (Fig. 3) a partir de cuatro valores de medición, el cual se muestra en la Tabla IV. El registro de una huella de desgaste ancha o un valor R elevado indica que la bola de acero se incrustó más profundamente y, por consiguiente, con un ancho mayor en la muestra, por lo que el material de muestra posee una menor resistencia al desgaste que aquellas muestras con un menor ancho de huella R de desgaste.
- 15 Los resultados son claros: las muestras según la invención 9 a 17 tienen una resistencia al desgaste claramente mejor que las muestras 1 a 8 de aceros actuales. El significado del valor K2 para mejorar aun más la resistencia al desgaste se obtiene de una comparación en la siguiente Tabla IV con los datos correspondientes de la columna 6 de la Tabla III.

Tabla IV

K2
1,35
0,93
6,96
6,96
3,80
8,53
8,53
1,35
0,32
0,32
0,32
0,17
0,17
0,17
0,43
0,43
0,43

5 Dado que un número elevado de pequeños precipitados de carburo de cromo son mucho más significativos en lo que respecta a la resistencia a la corrosión que un número más bajo de precipitados gruesos, el resultado de un ensayo de pulverización de sal puede servir como indicador del tamaño y distribución de los precipitados de carburo de cromo. Para ello, las muestras se sometieron durante 120 horas a un ensayo de corrosión en el marco de un ensayo de pulverización de sal con una solución al 3% de NaCl y 5% de alcohol.

Los resultados se resumen en la columna 7 de la Tabla III.

10 En general, es sabido que los aceros al cromo martensíticos experimentan, en función del tamaño y densidad de los precipitados de carburo de cromo en soluciones de cloruro, una intensa corrosión por picadura. Los datos de la columna 7 de la Tabla III lo confirman para los aceros comparativos actuales 1 a 8, con respecto a los aceros según la invención 9 a 17.

15 Dependiendo del ancho de la zona donde se ha generado una depleción de cromo, se produce corrosión por picadura, de donde se deduce que una multiplicidad de pequeños precipitados de carburo de cromo resulta más favorable, en relación con la corrosión por picadura, que un número menor de precipitados de mayor tamaño. En este sentido, los resultados del ensayo de pulverización de sal son apropiados como indicadores del tamaño y distribución de los precipitados de carburo de cromo.

20 Los resultados de los ensayos de corrosión según la última columna de la Tabla III se valoraron según una escala de calidad de 0 a 5, en donde 0 corresponde a la ausencia total de zonas de oxidación y 5 indica la existencia de al menos cinco zonas de oxidación. Los resultados del ensayo de pulverización salina se resumen en la última columna de la Tabla III.

25 En términos generales, los resultados experimentales demuestran que el comportamiento de humectación frente a lubricantes de los aceros al cromo martensíticos según la invención es claramente mejor que el de los aceros comparativos. La buena humectabilidad conduce a un reducido desgaste por adhesión en presencia de lubricante. En este caso, resulta decisiva no sólo la composición química del acero. El tratamiento térmico de las muestras ejerce también una influencia fundamental sobre la humectación. Esto se pone de manifiesto en los mayores valores C y los menores valores R de las muestras según la invención de los ensayos 9 a 17.

30 En primer lugar, la composición del acero debería ser decisiva para la mejor resistencia al desgaste R de las muestras según la invención, a lo que se une el tratamiento térmico en dos etapas que influye sobre los precipitados. En este sentido, las propiedades del material están determinadas no solamente por la especial composición del acero, sino también por sus precipitados en las estructuras. En este caso, se debe prestar atención a que la humectabilidad del acero para un lubricante se puede mejorar, de manera especial, por los tratamientos térmicos A y B. Esto permite concluir que los precipitados finos que contienen carbono en la martensita son más beneficiosos para la humectabilidad frente a lubricantes que los carbonitruros modificados por nitrógeno y una matriz que contenga nitrógeno. Por lo tanto, el bajo contenido de nitrógeno de la aleación resulta determinante, así como el factor K2. Este hecho se confirma especialmente con los aceros comparativos V3 con 0,25% de nitrógeno y V5, con 0,22% de nitrógeno, en oposición a los aceros E1 hasta E3 según la invención, con sólo 0,05 hasta 0,07% de nitrógeno.

Por último, los factores K1 y K3 demuestran también que los favorables resultados experimentales se basan en una precipitación más apropiada de los carburos y otras fases, así como en la estructura básica.

REIVINDICACIONES

1. Acero al cromo inoxidable martensítico con

- 0,4 hasta 0,80% de carbono
- 0,2 hasta 1,50% de silicio
- 0,15 hasta 1,00% de níquel
- 0,3 hasta 1,00% de manganeso
- 0,015 hasta 0,035% de azufre
- 16 hasta 18% de cromo
- 1,25 hasta 1,50% de molibdeno
- hasta 0,8% de tungsteno
- 0,04 hasta 0,08% de nitrógeno
- 0,15 hasta 0,20% de vanadio
- hasta 0,05% de titanio
- hasta 0,05% de niobio
- 0,001 hasta 0,03% de aluminio
- 0,02 hasta 0,5% de cobre
- hasta 0,5% de cobalto
- hasta 0,040% de boro

resto hierro, incluidas impurezas generadas por la fundición.

2. Acero al cromo según la reivindicación 1, que contiene de forma individual o conjunta

- 0,55 hasta 0,75% de carbono
- hasta 0,65% de silicio
- hasta 0,8% de manganeso
- al menos 0,001% de tungsteno.

5 3. Acero al cromo según las reivindicaciones 1 o 2, con un contenido total de cromo, molibdeno y tungsteno de

$$(\% \text{ de Cr}) + 3(\% \text{ de Mo}) + (\% \text{ de W}) = 19,7 \text{ hasta } 23,3$$

4. Acero al cromo según una de las reivindicaciones 1 a 3, que satisface la norma

$$K1 = (\% \text{ de Nb}) + (\% \text{ de Ti}) + (\% \text{ de V}) = 0,15 \text{ hasta } 0,25\%$$

5. Acero al cromo según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que satisface la norma

10
$$K2 = 100 \times (\% \text{ de N} - 0,03\%) \times (\% \text{ N}) / (\% \text{ de C}) = 0,053 \text{ hasta } 0,730$$

6. Acero al cromo según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que satisface la norma

$$K3 = [(\% \text{ de Ni}) + (\% \text{ de Co})] / (\% \text{ de Mn}) = 0,40 \text{ hasta } 3,33\%$$

15 7. Acero al cromo según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que se somete a un recocido con austenización a 1.020 hasta 1.050°C, seguidamente se enfría rápidamente a 800°C, con una velocidad de enfriamiento de al menos 50°C/seg, para efectuar a continuación un enfriamiento durante cinco minutos a 300°C con el subsiguiente enfriamiento al aire a temperatura ambiente.

8. Acero al cromo según la reivindicación 7, que se calienta nuevamente a 100 hasta 530°C y, a continuación, se enfría lentamente a temperatura ambiente con una velocidad de enfriamiento de 100°C/h.

20 9. Uso de un acero al cromo según una de las reivindicaciones 1 a 8 como material resistente a la formación de picaduras.

10. Uso de un acero al cromo según una de las reivindicaciones 1 a 8, como material resistente al desgaste por fricción.

11. Uso según las reivindicaciones 9 o 10, con una película lubricante.

25 12. Uso según la reivindicación 11 en un contacto por deslizamiento de metal sobre metal, con una capa intermedia de lubricante.

13. Uso de un acero al cromo según una de las reivindicaciones 1 a 7, como material para la fabricación de vástagos de válvula, agujas de control y dosificación, manguito-guías, componentes funcionales de sistemas de inyección de combustible, segmentos de pistón para émbolo buzo y motores, así como anillos de junta y anillos rascadores para compresores.

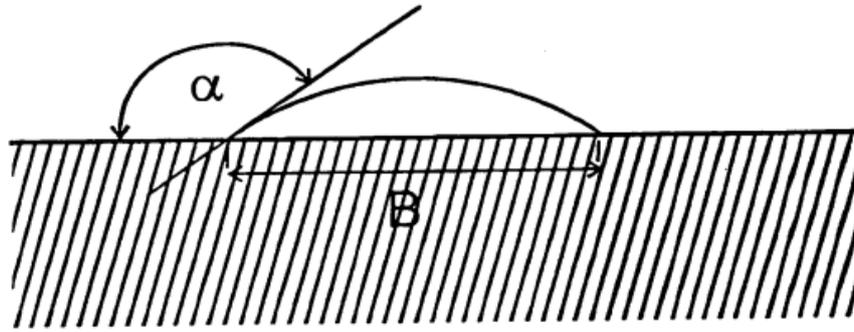


Fig. 1

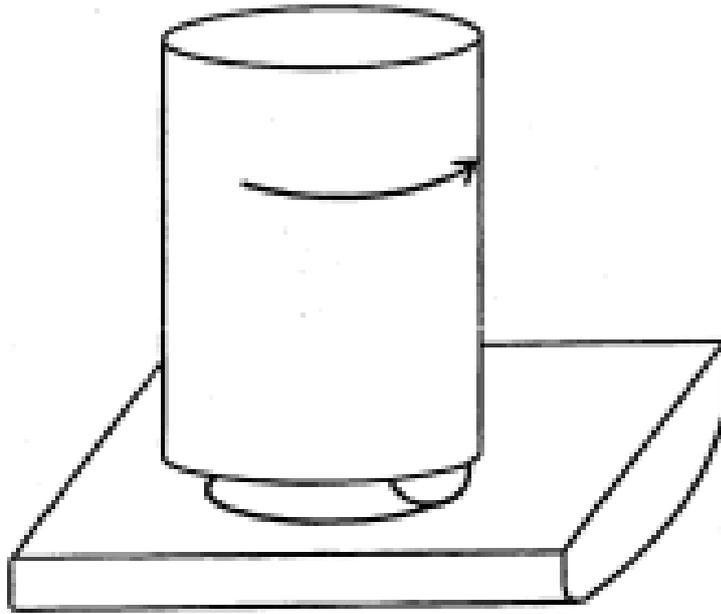


Fig. 2

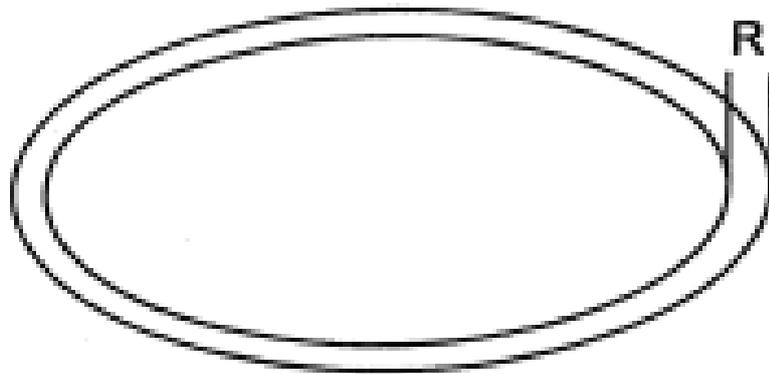


Fig.3