

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 430 839**

51 Int. Cl.:

C22C 38/18 (2006.01)
C22C 38/38 (2006.01)
C22C 38/00 (2006.01)
C22C 38/02 (2006.01)
C22C 38/06 (2006.01)
C22C 38/22 (2006.01)
C22C 38/26 (2006.01)
C22C 38/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.09.2007 E 07116927 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2013 EP 1905857**

54 Título: **Acero de alta resistencia y usos de un acero de este tipo**

30 Prioridad:

29.09.2006 DE 102006046481

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

22.11.2013

73 Titular/es:

**EZM EDELSTAHLZIEHEREI MARK GMBH
(100.0%)
NORDSTRASSE 14
53800 WETTER, DE**

72 Inventor/es:

DR. ENGINEER, SEROSH

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 430 839 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Acero de alta resistencia y usos de un acero de este tipo

5 La invención se refiere a un acero que tiene una elevada resistencia a tracción y a usos de un acero de este tipo.

10 La industria busca materiales rentables para tensiones mecánicas cada vez mayores de los componentes para máquinas y motores que, partiendo de tensiones medias elevadas, están expuestos a cargas permanentes cada vez mayores en el intervalo de las tensiones de tracción intermitentes. Cuanto mayor es la tensión media, a la que se aplica la tensión de tracción intermitente, mayor es la sensibilidad de los aceros de alta resistencia con respecto a la tensión continua. Especialmente para componentes que se deforman a altas presiones por encima de 2000 bar, se da una gran importancia a la sensibilidad a la tracción media de un material. Además, se requiere una buena soldabilidad y una viabilidad de mecanizado suficientes para estos materiales.

15 Se conoce una serie completa de aceros de alta resistencia de la técnica anterior. Estos incluyen los aceros normalizados según DIN EN 10084, 10269 o 10083 (por ejemplo, los aceros 30CrNiM08 (1,6580); 34CrNiM06 (1,6582), 36CrNiM04 (1,6511), 18CrNiMo 7-6 (1,6587), 17CrNi6-6 (1,5918), 14NiCrMo13-4 (1,6657)) o los aceros 31CrMoV9 (1,8519), 33CrMoV12-9 (1,8522) o 21CrMoV5-7 (1,7709) englobados bajo la norma DIN EN 10085. Sin embargo, cada uno de estos aceros de alta resistencia conocidos está aleado con níquel, molibdeno o vanadio.

20 Estos elementos de aleación recientemente se han visto afectados negativamente por precios altamente fluctuantes. Debido a esta volatilidad en los precios, los costes de producción de los componentes que se producen a partir de los aceros especificados previamente no pueden estimarse con la fiabilidad necesaria para hacer una planificación de una manera comercial razonable. Como resultado, por lo tanto, la producción de componentes a partir de aceros conocidos frecuentemente ha resultado antieconómica.

25 Aunque otros materiales, tales como los aceros 51CrV4 (1,8159), 50CrM04 (1,7228), 42CrM04 (1,7225) o 46SiCrM06 (1,8062) normalizados según DIN EN 10084 o 10089, contienen menos elementos de aleación críticos en términos del movimiento de su precio, tienen una soldabilidad que es simplemente inadecuada para las aplicaciones en cuestión.

30 Otros aceros, tales como los denominados "aceros AFP" normalizados según DIN EN 10267 y que tienen una microestructura de ferrita/perlita, no consiguen la combinación de altos valores característicos de resistencia y deformación a fractura requeridos aquí.

35 Adicionalmente, una desventaja común de los materiales de alta resistencia conocidos es que solo alcanzan el nivel de resistencia particular después de un tratamiento de endurecimiento y templado adicional.

40 Un acero con buenas propiedades de deformación que, sin embargo, al mismo tiempo debería tener también una resistencia suficiente, se conoce a partir del documento EP 1 264 910 A1. El acero conocido contiene (en % en peso), además de hierro e impurezas inevitables, como los constituyentes esenciales un 0,0005 - 0,30 % de C, un 0,001 - 2,0 % de Si y un 0,01 - 3,0 % de Mn. El acero conocido puede contener, adicionalmente, un gran número de elementos de aleación añadidos opcionalmente adicionales, para acentuar ciertas propiedades de este acero. Por tanto, los contenidos de Nb, Ti y V con un total de los contenidos de estos elementos de un 0,001 - 0,5 % en peso y 45 0,001 - 0,20 % en peso de P, así como un 0,0001 - 0,03 % en peso de N pueden añadirse también opcionalmente al acero conocido para aumentar su resistencia. Para aumentar la dureza, el acero conocido, además, puede contener en total un 0,001 - <1,5 % en peso de Cr, Mo, Ni, Co y/o W. Los aceros ensayados específicamente de acuerdo con el documento EP 1 274 910 A1 tenían consistentemente contenidos de Cr del 0,2 % en peso, mientras que los contenidos de Nb eran consistentemente del 0,02 % en peso. Sin embargo, el documento EP 1 264 910 A1 no desvela qué nivel de resistencia alcanzaba realmente el acero conocido en cada caso añadiendo elementos de 50 aleación que aumentaban la dureza y resistencia.

55 Un acero de alta ductilidad también se conoce a partir del documento EP 0 725 156 B1 que, además de hierro e impurezas inevitables, contiene (en % en peso) un 0,15 % - 0,303 % de C, <=3 % de Si, <=3 % de Al, un 0,1 % - 4,5 % de Mn, <=9 % de Ni, <=5 % de Cr, <=3 % de Mo + W/2, <=0,5 V, <= 0,5 % de Nb, <=0,5 % de Zr y N <=0,3 %, en el que el total de los contenidos de Al y Si debe ser al menos del 1 % y como máximo del 3 %. Además, este acero conocido puede tener opcionalmente un 0,0005 % - 0,005 % de B, un 0,005 % - 0,1 % de Ti y, cuando sea apropiado, al menos uno de los elementos Ca, Se, Te, Si y Pb, cada uno con contenidos de menos de 0,2 %. Adicionalmente, los contenidos de C, Mn, Ni, Mo, W y Cr del acero conocido tienen que determinarse de forma más 60 precisa como una función del contenido de B del acero. Como con el acero definido anteriormente, además de otros elementos de aleación, los contenidos de Cr, N, Mo y Nb pueden añadirse también al acero descrito en el documento EP 0 725 156 B1, para aumentar su resistencia. Sin embargo, en el documento EP 0 725 156 B1 no se desvela nada sobre el efecto del Ti sobre el acero conocido. Tampoco se encuentra ningún ejemplo de realización en el documento EP 0 735 156 B1 a partir de la cual pueda entenderse el efecto de Nb, Ti o N con el acero 65 conocido.

Finalmente, se conoce un método a partir del documento EP 0 974 678 B1 para fabricar recipientes que consisten en un acero que, además de hierro e impurezas inevitables, contiene (en % en peso) un 0,03 % - 0,15 % de C, $\leq 0,5$ % de Si, un 0,4 % - 2,5 % de Mn, un 0,5 % - 3 % de Ni, ≤ 1 % de Cr, $\leq 0,5$ % de Mo, $\leq 0,07$ % de Al, $\leq 0,04$ % de Ti, $\leq 0,004$ % de B, $\leq 0,02$ % de V, $\leq 0,05$ % de Nb, ≤ 1 % de Cu, $\leq 0,015$ % de S, $\leq 0,03$ % de P.

5 Los contenidos de C, Mn, Mo, Cr, Cu y Ni se combinan entre sí de tal manera que se obtiene una buena soldabilidad. El contenido de Cr del acero conocido está preferentemente por debajo del 0,6 %, de manera que se asegura que el recipiente formado a partir del acero conocido tenga un nivel suficientemente bajo de dureza, especialmente en el área de las costuras soldadas. Los ejemplos de realización explicados en el documento EP 0 974 678 B1 contienen cada una, correspondientemente, contenidos de Cr en el intervalo de menos del 0,3 %.

10 Adicionalmente, ninguno de estos ejemplos de realización tiene contenidos eficaces de Nb, Ti o N, puesto que estos elementos también, de acuerdo con los hallazgos resumidos en el documento EP 0 974 678 B1, pueden aumentar la dureza en el área de las juntas soldadas a un nivel indeseadamente alto.

Además de la técnica anterior esbozada anteriormente, se conoce un acero a partir del documento JP 2000 054069 A que, además de hierro contiene (en % en peso) un 0,1 - 0,45 % de C, un 0,35 - 1,3 % de Si, un 0,3 - 1,8 % de Mn, un 0,001 - 0,02 % de S, un 0,015 - 0,04 % de Al, un 0,005 - 0,04 % de Nb, un 0,006 - 0,02 % de N, así como uno o más elementos del grupo de Cr, Mo y Ni, en el que el contenido de Cr es del 0,4 - 1,8 %, el contenido de Mo es del 0,02 - 1,0 % y el contenido de Ni es del 0,1 - 0,35 %. Además, el acero conocido puede tener también un contenido de Ti hasta el 0,005 %.

El objetivo del concepto de aleación descrito en el documento FR 2 847 273 A1 es tener una capacidad de interrupción del endurecimiento mejorada sin que, al mismo tiempo, disminuya la buena soldabilidad. Para conseguir esto, este acero tiene contenidos suficientemente altos de silicio en combinación con un contenido de boro. Por este medio puede conseguirse un aumento en el efecto de interrupción del endurecimiento del 30-50 %. El contenido B añadido específicamente en cada caso se calcula de acuerdo con una fórmula de cálculo en función de los contenidos de N, Ti y Al del acero.

Se conoce un gran número de ejemplos para el acero adicionalmente a partir del documento US 6 312 529 B1, que en cada caso tiene contenidos de C, Mn, Si, Cr, Ni, Mo, P, S, Al y alguna extensión también de Nb, V, N, O y Al. Ninguno de los aceros en cuestión contiene titanio.

Finalmente, se conocen diversos ejemplos de aceros a partir del documento US 2004/048217 A1, que en cada caso contienen contenidos de C, Si, Mn, P, S, Ni, Cr, Mo, Al y N. Análogamente a la técnica anterior de acuerdo con el documento FR 2 847 273 A1, los aceros en cuestión adicionalmente en cada caso tienen contenidos de B, para aumentar su capacidad de endurecimiento.

Frente a estos antecedentes de la técnica anterior esbozada previamente, la invención está basada en el objetivo de desarrollar un acero que pudiera conseguir valores de resistencia a tracción por encima de 1100 N/mm^2 usando adiciones de aleación obtenidas de forma rentable y sin un tratamiento posterior de endurecimiento y templado. Además, deberían especificarse los usos ventajosos de tales aceros.

Con respecto al material, este objetivo se consigue de acuerdo con la invención mediante el acero especificado en la reivindicación 1. Las realizaciones ventajosas de este acero se especificaron en las reivindicaciones haciendo referencia de nuevo a la reivindicación 1.

Usos ventajosos del acero de acuerdo con la invención, que también consiguen el objetivo mencionado anteriormente, se especifican a partir de la reivindicación 10.

Mediante una elección adecuada de los elementos de aleación, un acero de acuerdo con la invención está compuesto de tal manera que, a partir del calor del laminado en caliente o del calor de recalado después del enfriamiento al aire se transforma en una microestructura martensítica dura de grano fino y, de esta manera, consigue altos valores de resistencia a tracción de más de 1100 N/mm^2 sin un tratamiento térmico adicional.

Debe tenerse en cuenta que, con respecto a la diferenciación al microscopio de las porciones de microestructura endurecida entre "martensita" y "bainita inferior" en una microestructura de grano fino, a menudo es difícil en la práctica. Por lo tanto, a menudo no puede descartarse que, dependiendo de la velocidad de enfriamiento del calor de formación en caliente en la microestructura de las barras o alambres obtenidos, además de martensita, también estén presentes porciones de bainita inferior, sin que esto pueda reconocerse fácilmente. Por lo tanto, a menos que esto se indique expresamente, en términos de la presente invención, las porciones de microestructura de martensita mencionadas respectivamente de un acero de acuerdo con la invención siempre contienen también porciones de bainita inferior posiblemente adicionalmente presentes además de una porción de martensita, sin que esto sea necesario mencionarlo expresamente.

Los ensayos prácticos han demostrado que los aceros compuestos dentro del alcance de las especificaciones de aleación de acuerdo con la memoria descriptiva de acuerdo con la invención consiguen consistentemente resistencias a tracción que son de al menos 1200 N/mm^2 y, en particular, por encima de 1250 N/mm^2 . Al mismo

tiempo, los aceros constituidos de acuerdo con la invención tienen valores característicos de deformación por fractura que, entre otras cosas, están caracterizados por una reducción del área a fractura que es mayor del 30 %, en particular mayor del 35 % y denota una alta ductilidad. Al mismo tiempo, los aceros compuestos de acuerdo con la invención bajo una tensión oscilante tienen una alta resistencia a fatiga a tensiones inversas en el intervalo de tensiones de tracción intermitentes con una baja sensibilidad a la tensión media.

Eligiendo una velocidad de enfriamiento adecuada, la microestructura del acero de acuerdo con la invención puede variarse entre una microestructura martensítica o martensítica esencialmente pura, una microestructura que comprende porciones de bainita inferior y una microestructura ferrítica-bainítica-martensítica. De esta manera, una microestructura totalmente martensítica o una microestructura con martensita y bainita inferior se desarrolla de forma fiable a velocidades de enfriamiento por encima de 0,5 K/s entre 800 y 500 °C, mientras que a velocidades de enfriamiento por debajo de esta la porción de bainita en la microestructura aumenta y las porciones de ferrita solo aparecen en la microestructura a velocidades de enfriamiento aún menores por debajo de 0,2 K/s.

Por tanto, por ejemplo mediante la formación termomecánica en caliente (laminado o recalcado) el acero de acuerdo con la invención en un cable o barra de acero y posteriormente enfriándolo de una manera controlada en el intervalo de temperatura entre 800 y 500 °C a una velocidad de enfriamiento de aproximadamente 0,05 K/s puede fabricarse una microestructura doble que consiste en un 15-20 % de ferrita y un 70-85 % de martensita (incluyendo bainita inferior).

Si, por un lado, no se obtiene una microestructura martensítica esencialmente con porciones de bainita inferior, entonces para este fin el producto semiacabado conformado en caliente puede enfriarse al aire a partir de temperaturas de formación entre 950 y 1100 °C hasta una sección transversal equivalente de 2830 mm².

El contenido de C de un acero de acuerdo con la invención es de al menos el 0,15 % en peso, para garantizar la soldabilidad y la ductilidad de la microestructura de endurecimiento resultante. De esta manera, incluso sin un templado posterior de la microestructura, se consigue una buena combinación de alta resistencia y ductilidad. Al mismo tiempo, el contenido de C se limita a un máximo del 0,3 % en peso, para evitar la formación de grietas por calor después de la soldadura y distorsión excesiva de la microestructura tetragonal de la martensita. Esto último conduce a una reducción en las propiedades de ductilidad en el estado no templado.

El contenido de Si de un acero de acuerdo con la invención está en el intervalo de 0,1-0,5 % en peso, para evitar un endurecimiento adicional de la matriz de acero y, de esta manera, mantener baja la reducción en la ductilidad en el estado no templado.

El Mn está presente en el acero de acuerdo con la invención en contenidos de al menos el 0,6 % en peso, para conseguir una capacidad de endurecimiento suficiente del acero con ayuda de este elemento de aleación con un precio económico. No debería estar presente más del 1,8 % en peso en el acero de acuerdo con la invención, puesto que, por otro lado, puede ocurrir una licuación excesiva de este elemento de aleación, lo que afectaría a la combinación de resistencia y ductilidad. El efecto del Mn usado de acuerdo con la invención es más favorable en el acero de acuerdo con la invención cuando el contenido de Mn es del 1,6-1,8 % en peso.

Se atribuye una importancia particular a la presencia de Cr en contenidos del 1,0-1,8 % en peso en el caso del acero aleado de acuerdo con la invención. Se consigue un aumento en la capacidad de endurecimiento del acero mediante el Cr sin cambiar sustancialmente la temperatura de la transformación a la región de martensita (denominada también temperatura de inicio de martensita "Ms"). De esta manera se consigue un efecto de autotemplado en la microestructura de endurecimiento debido al enfriamiento desde las temperaturas de conformado en caliente, que proporciona el acero de acuerdo con la invención con una buena combinación de alta resistencia y ductilidad después del enfriamiento a partir de las temperaturas de formación en caliente, sin un tratamiento de templado adicional. Este efecto puede conseguirse de forma fiable particularmente cuando el contenido de Cr es del 1,5-1,8 % en peso y en particular del 1,5-1,7 % en peso.

El Mo está presente en un acero de acuerdo con la invención en contenidos del 0,10-0,50 % en peso, para ampliar el área de transformación en la región de martensita y en el intervalo de bainita inferior. Con esta medida, pueden obtenerse como resultado mayores dimensiones del producto semiacabado con los constituyentes estructurales deseados que tienen en cuenta los valores característicos de resistencia y ductilidad obtenidos de acuerdo con la invención. Con contenidos de menos del 0,1 % en peso, este efecto no ocurre en la extensión deseada, mientras que los contenidos por encima del 0,5 % en peso no dan como resultado una mejora significativa en las propiedades, sino simplemente un aumento innecesario del precio del acero de acuerdo con la invención. El efecto del molibdeno usado de acuerdo con la invención ocurre de forma particularmente fiable cuando el contenido de Mo está en el intervalo del 0,2-0,4 % en peso.

El acero de acuerdo con la invención puede contener hasta el 0,50 % en peso de níquel, para promover la ductilidad de la matriz de acero. Con contenidos mayores de Ni, no ocurren mejoras en el acero de acuerdo con la invención esenciales para el perfil de propiedades requeridas de acuerdo con la invención. Por lo tanto, el contenido de Ni del acero de acuerdo con la invención debería ser, preferentemente, como máximo del 0,2 % en peso.

- 5 Se atribuye una importancia particular también a la presencia de Nb en contenidos del 0,030-0,150 % en peso. De esta manera, con un contenido mínimo de 0,030 % en peso de Nb, por un lado, la microestructura se refina y, por otro lado, pequeñas porciones de niobio disueltas en la matriz de acero amplían el área de transformación del intervalo de la región de martensita/bainita inferior. Al mismo tiempo, no debería estar presente más del 0,150 % en peso de Nb en el acero de acuerdo con la invención, para evitar una precipitación excesiva de compuestos de niobio en los límites de grano durante el enfriamiento desde las temperaturas de conformado en caliente. Los efectos de Nb en el acero de acuerdo con la invención se optimizan cuando el contenido de Nb es del 0,08-0,12 % en peso.
- 10 El Ti está presente en el acero de acuerdo con la invención en contenidos del 0,020-0,060 % en peso, para garantizar la finura de grano de la microestructura a altas temperaturas. Este efecto se consigue de forma particularmente fiable cuando el contenido de Ti del acero de acuerdo con la invención es del 0,025 %-0,045 % en peso.
- 15 El Al se añade al acero de acuerdo con la invención en contenidos del 0,010-0,060 % en peso con el fin de desoxidación.
- 20 El N se añade al acero de acuerdo con la invención en contenidos del 0,008-0,030 % en peso para permitir que se formen nitruros de niobio y titanio. Las precipitaciones de nitruros de niobio y titanio son muy eficaces para el refinado del grano.
- 25 El contenido de P presente en el acero de acuerdo con la invención se fija a menos del 0,030 % en peso. Puede esperarse un efecto adverso sobre las propiedades de ductilidad con mayores contenidos de P.
- 30 Con mayores contenidos de S, los sulfuros de manganeso en el acero de acuerdo con la invención podrían estirarse demasiado y se forman puntos de fractura potencial en los componentes formados a partir del acero de acuerdo con la invención. Es particularmente esencial evitar este riesgo si se van a fabricar componentes de alta resistencia y herméticos a presión a partir del acero de acuerdo con la invención. Por lo tanto, el contenido de S del acero de acuerdo con la invención está limitado a un máximo del 0,030 % en peso.
- 35 El acero compuesto de acuerdo con la invención tiene una microestructura martensítica dura de grano fino después del laminado en caliente o después del recalcado con enfriamiento posterior en aire en reposo. Esto sigue siendo particularmente cierto si se observan los intervalos de aleación para Mn, Cr, Mo, Nb, Ti y Ni, que hacen referencia de nuevo a la reivindicación 1 y en cada caso están considerados como particularmente ventajosos.
- 40 El acero de acuerdo con la invención es adecuado para componentes herméticos a presión para sistemas de inyección de combustible diesel, que están sometidos a presiones de hasta 3000 bar, debido a su microestructura dura de grano de fino que contiene martensita.
- 45 Además, los componentes pueden fabricarse a partir del acero de acuerdo con la invención que experimenta endurecimiento en la zona del borde, en particular por auto-frotamiento.
- 50 La baja sensibilidad a tracción media del acero de acuerdo con la invención además hace al acero de acuerdo con la invención particularmente adecuado para fabricar componentes que se someten a tensión de una manera oscilante en el intervalo para tensiones de tracción intermitentes y en el intervalo de compresión-tensión. Los componentes de esta clase se requieren en particular para la industria del automóvil o generalmente en la construcción de un motor de combustión interna.
- 55 Debido a su intervalo especial de propiedades y sus costes de producción comparativamente bajos y estimables de forma muy fiable, los aceros de acuerdo con la invención son adicionalmente particularmente adecuados para fabricar componentes de alta resistencia tales como eslingas de cadena, uniones de cadena, cadenas de minería y cadenas para inmovilizar motocicletas y bicicletas o para fabricar elementos de sujeción, tales como tornillos y tuercas.
- 60 Además, los componentes de automoción de alta resistencia preferentemente conformados en frío, en particular estabilizadores o componentes con características similares a un muelle, pueden fabricarse a partir del acero de acuerdo con la invención.
- 65 Pueden fabricarse también componentes que se tratan superficialmente a partir de acero de acuerdo con la invención. El tratamiento superficial puede conseguirse en cada caso por endurecimiento, nitruración, nitrocarburoción o por un tratamiento con rayo láser. Los artículos tratados correspondientemente en particular pueden ser componentes resistentes al desgaste, herméticos a presión, que se usan a tensiones oscilantes incluso a temperaturas operativas de hasta 450 °C.
- Otra aplicación de acuerdo con la invención de un acero de acuerdo con la invención se encuentra en productos planos que son golpeados por un troquel y se exponen al aire. Este producto, por ejemplo, puede ser una pilar B de la carrocería de un vehículo a motor.

El acero de acuerdo con la invención también es particularmente adecuado para fabricar tubos conformados en caliente y barras planas expuestas al aire que, por ejemplo, se usan para reforzar las puertas contra las colisiones laterales en turismos y vehículos comerciales.

5 Los aceros de acuerdo con la invención pueden usarse también particularmente bien en su forma en general para fabricar componentes de alta resistencia conformados en caliente o conformados en frío usados en ingeniería mecánica en general.

10 Pueden fabricarse también tubos laminados en frío en laminador de paso peregrino o barras planas laminadas en frío con mayor resistencia a partir de los aceros de acuerdo con la invención. Esto mismo se aplica para la producción de tambores de revólveres y pistolas y de recámaras de revólveres y pistolas a partir de los aceros de acuerdo con la invención.

15 La invención se explica con más detalle a continuación mediante ejemplos de realización.

A modo de ejemplo, en la tabla 1 se especifica una composición de acero de acuerdo con la invención. Este acero se funde, se cuela de manera continua en un tocho y se lamina en caliente en barras y alambres. Posteriormente, diversas muestras de este acero se enfrían a diversas velocidades.

20 Los ensayos realizados han producido los siguientes hallazgos para los aceros aleados de acuerdo con la invención:

- A una velocidad de enfriamiento de 1 a 3 K/s partiendo de la temperatura de austenización, se obtiene una dureza relativamente uniforme de aproximadamente 460 HV que corresponde a una resistencia a tracción convertida de 1485 N/mm². Dicha velocidad de enfriamiento corresponde al enfriamiento al aire de barras redondas con un diámetro de 10 a aproximadamente 30 mm.

25 - A una velocidad de enfriamiento relativamente baja de 0,5 K/s partiendo de la temperatura de austenización, se obtiene una microestructura martensítica. Esta velocidad de enfriamiento corresponde al enfriamiento en aire en reposo de una barra redonda de 70 mm. En este estado, se obtiene como resultado una dureza de 425 HV que corresponde a una resistencia a tracción convertida de aproximadamente 1370 N/mm².

30 - A una velocidad de enfriamiento incluso más lenta de 0,2 K/s, el acero se transforma en aproximadamente un 98 % de martensita con una proporción mínima del 2 % de ferrita. Esta velocidad de enfriamiento corresponde al enfriamiento en aire en reposo de una barra redonda de 130 mm. La dureza en este estado es de aproximadamente 425 HV (aproximadamente 1300 N/mm²).

35 - A una velocidad de enfriamiento de 0,05 K/s partiendo de la temperatura de austenización, se obtiene como resultado una "microestructura doble" de aproximadamente 16 % de ferrita y 84 % de martensita con una dureza de 360 HV (una resistencia convertida de aproximadamente 1155 N/mm²). Esta microestructura mixta es muy favorable para ciertos usos, en las que se realiza el endurecimiento en la zona del borde, por ejemplo por autofrotamiento.

40 - La temperatura para la transformación martensítica es de aproximadamente 370 °C. Después de la transformación en la región de martensita a esta temperatura se obtiene como resultado un efecto de autotemplado durante el enfriamiento posterior. Este efecto de autotemplado conduce a un aumento en la tenacidad de la martensita transformada.

45 - Una ventaja adicional es que el comienzo de la transformación en la región de austenita (temperatura Ac1b de 739 °C) es suficientemente alto para hacer totalmente posible que este material se temple a diferentes resistencias después de fabricar el componente. Por tanto, hay un intervalo diverso para la aplicación de este acero con diferentes resistencias de acuerdo con el requisito del componente, partiendo de una microestructura básica muy adecuada que consiste en martensita dura y de grano fino.

50 En la imagen 1, la microestructura del acero de acuerdo con la invención compuesta de acuerdo con la tabla 1 se reproduce a diferentes velocidades de enfriamiento. Es una microestructura martensítica que tiene un grano muy fino.

55 En la tabla 2 se reproducen los valores de resistencia de dos muestras 1 y 2 producidas a partir del acero de acuerdo con la invención compuesto de acuerdo con la tabla 1 y en cada caso enfriadas a una velocidad de enfriamiento de 0,5 K/s. Con su microestructura martensítica de grano fino estas muestras tienen valores de resistencia de aproximadamente 1480 a 1500 N/mm² combinado con una reducción de área sorprendentemente alta a valores de fractura de aproximadamente el 45 %.

60 De esta manera, el acero de acuerdo con la invención se transforma mediante un enfriamiento adecuado desde la temperatura de austenita a la región de martensita y consigue una combinación inesperadamente buena de valores característicos de resistencia y deformación a fractura (ductilidad) debido a la finura del grado de la microestructura y

ES 2 430 839 T3

el efecto de autotemplado durante el proceso de enfriamiento. Por lo tanto, las propiedades del componente pueden ajustarse sin tratamientos térmicos posteriores adicionales.

Elemento	Contenido en (% en peso)
C	0,22
Si	0,24
Mn	1,69
P	0,020
S	0,020
Cr	1,66
Mo	0,32
Nb	0,10
Ti	0,03
Al	0,020
N	0,017

El resto es hierro e impurezas inevitables

5 Tabla 1

Acero	Tratamiento térmico	$R_{p0,2}$ [N/mm ²]	R_m [N/mm ²]	Reducción del área a fractura [%]
Muestra 1	870 °C / 0,5 K/s	1290	1496	45
Muestra 2	870 °C / 0,5 K/s	1326	1484	46

Tabla 2

REIVINDICACIONES

1. Acero con una elevada resistencia a la tracción, que contiene (en % en peso)

C:	0,15 - 0,3 %,
Si:	0,1 - 0,5 %,
Mn:	0,6 - 1,8 %,
Cr:	1,0 - 1,8 %,
Mo:	0,10 - 0,50 %,
Ni:	hasta el 0,50 %,
Nb:	0,030 - 0,150 %,
Ti:	0,020 - 0,060 %,
Al:	0,010 - 0,060 %,
N:	0,008 - 0,030 %,
P:	< 0,030 %,
S:	< 0,030 %,

5 siendo el resto hierro e impurezas inevitables.

2. Acero de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** su contenido de Cr es del 1,5 - 1,8 % en peso.

10 3. Acero de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado por que** su contenido de Cr es del 1,5 - 1,7 % en peso.

4. Acero de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** su contenido de Mn es del 1,6 - 1,8 % en peso.

15 5. Acero de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** su contenido de Mo es del 0,2 - 0,4 % en peso.

6. Acero de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** su contenido de Nb es del 0,08 - 0,12 % en peso.

20 7. Acero de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** su contenido de Ti es del 0,025 - 0,045 % en peso.

25 8. Acero de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** su contenido de Ni es como máximo del 0,2 % en peso

9. Acero de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** tiene una microestructura doble ferrítica-martensítica con un contenido de ferrita del 15 - 30 % y un contenido de martensita del 70 - 85 %.

30 10. Uso de un acero constituido de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 para componentes herméticos a la presión para sistemas de inyección de combustible diesel, que están sometidos a presiones de hasta 3000 bar.

35 11. Uso de un acero constituido de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9 para componentes que están sometidos a esfuerzo de una manera oscilante en el intervalo para tensiones de tracción intermitentes y en el intervalo de compresión-tensión.

40 12. Uso de un acero constituido de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9 para componentes de alta resistencia, tales como eslingas de cadena, uniones de cadena, cadenas de minería y cadenas para inmovilizar motocicletas y bicicletas.

13. Uso de un acero constituido de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9 para fabricar elementos de sujeción.

45 14. Uso de un acero constituido de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9 para fabricar componentes de automoción de alta resistencia, conformados en frío.

15. Uso de un acero constituido de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9 para fabricar un pilar B de la carrocería de un vehículo a motor.

50 16. Uso de un acero constituido de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 para tubos o barras planas conformados en caliente y expuestos al aire.

17. Uso de acuerdo con la reivindicación 16, **caracterizado por que** los tubos o las barras planas se usan para

reforzar las puertas contra colisiones laterales en turismos y vehículos comerciales.

18. Uso de un acero constituido de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9 para fabricar componentes de alta resistencia, conformados en caliente o conformados en frío y usados en ingeniería mecánica en general.

5

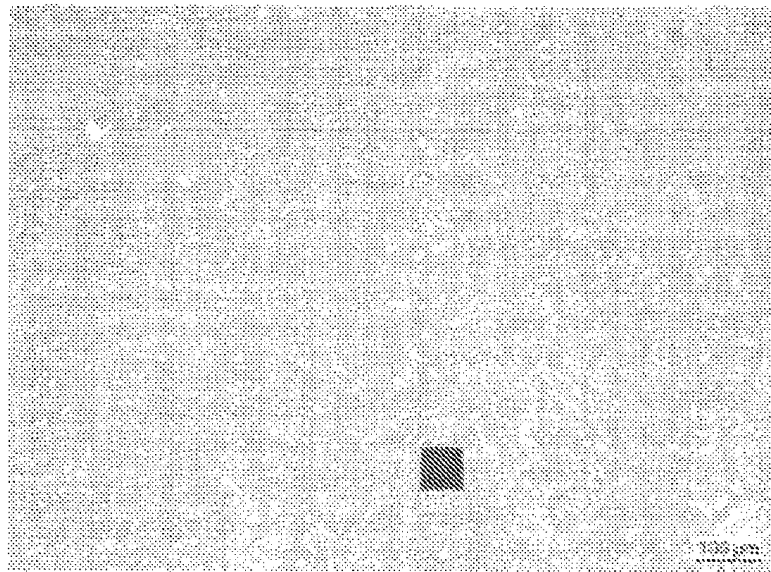


Imagen 1: Estructura típica (100 % martensita de grano fino) del acero de acuerdo con la invención según la Tabla 1 después del enfriamiento a velocidades de 0,5 K/s a 50 K/s