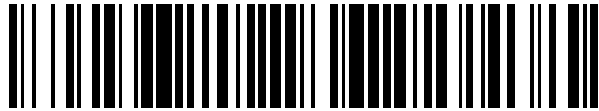


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 653 665**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.10.2012 PCT/EP2012/071056**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.05.2013 WO13060724**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.10.2012 E 12780164 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.12.2017 EP 2732060**

54 Título: **Acero endurecible para medios de elevación, de eslingado, de tensión y/o de amarre así como elementos de unión, elemento de construcción de la técnica de elevación, de eslingado, de tensión y/o de amarre, elemento de unión así como procedimiento para su fabricación**

30 Prioridad:

26.10.2011 DE 102011054840

30.11.2011 DE 202011052154 U

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

08.02.2018

73 Titular/es:

**RUD KETTEN RIEGER & DIETZ GMBH U. CO. KG
(100.0%)**

**Friedensinsel
73432 Aalen, DE**

72 Inventor/es:

SINZ, ROLF

74 Agente/Representante:

MILTENYI, Peter

ES 2 653 665 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 endurecible para medios de elevación, de eslingado, de tensión y/o de amarre así como elementos de unión, elemento de construcción de la técnica de elevación, de eslingado, de tensión y/o de amarre, elemento de unión así como procedimiento para su fabricación

La invención se refiere a un acero endurecible para medios de elevación, de eslingado, de tensión y/o de amarre del grado de calidad 8 y superior. Especialmente se refiere la invención al uso de este acero para medios de elevación, de eslingado, de tensión y/o de amarre, en particular para cadenas o eslabones, y para elementos de unión, por ejemplo tornillos. Además se refiere la invención a un elemento de unión, tal como un tornillo, y elemento de construcción de la técnica de elevación, de eslingado, de tensión y/o de amarre constituido por este acero. Además se refiere la invención a un procedimiento para la fabricación de un elemento de unión - de construcción de este tipo, en particular al procesamiento de un acero en un proceso de moldeo de cadenas y de endurecimiento.

Una pluralidad de composiciones para acero se conoce ya, también para aceros que se usan en medios de elevación, de eslingado, de tensión y/o de amarre. Los medios de elevación, de eslingado, de tensión y/o de amarre deben elevar o amarrar grandes cargas con altos requerimientos de seguridad, o permiten una sujeción o bien fijación de los medios de elevación, de eslingado, de tensión y/o de amarre en la carga o en medios de fijación.

Por el documento DE 41 24 704 A1 se conocen distintas composiciones para un acero conformado en caliente, no templado y revenido, que no requiere ningún tratamiento térmico. El documento JP 2 077 557 A divulga aceros para recipientes a presión. Por el documento DE 10 2005 034 140 A1 se conoce un acero para una cadena de acero altamente resistente. En el documento JP 62 202 052 A se divulgan distintas composiciones para aceros para cadenas. El documento JP 62 202 053 A divulga igualmente distintas composiciones de aceros para cadenas. El documento JP 2009 280 870 A divulga distintas composiciones de aceros para placas de acero para carcasas de ejes.

Dependiendo de su capacidad de carga mecánica se clasifican los medios de elevación, de eslingado, de tensión y/o de amarre en distintos grados de calidad o grados. Los grados de calidad o grados están en la mayoría de los casos normalizados, el grado de calidad 8 por ejemplo según la norma ISO 3076, 3077 o, en Alemania la norma DIN EN 818-2, 818-7 y el grado de calidad 10 según la norma PAS 1061.

Cuanto mayor sea el grado de calidad, puede llevar cargas más altas el medio de elevación, de eslingado, de tensión y/o de amarre con igual superficie de sección transversal. Un medio de elevación, de eslingado, de tensión y/o de amarre de un grado de calidad superior puede llevar por tanto con igual peso una carga más alta que un medio de elevación, de eslingado, de tensión y/o de amarre de un grado de calidad inferior y por consiguiente puede manejarse más fácilmente en el funcionamiento.

Una cadena de acero redondo del grado de calidad 8 con las dimensiones \varnothing 16 mm x 48 mm debe presentar por ejemplo una fuerza de rotura mínima (BF) de al menos 320 kilonewton, una correspondiente cadena del grado de calidad 10 debe presentar una fuerza de rotura mínima de al menos 400 kilonewton. Lo correspondiente se aplica para la clasificación según las normas US en "grado 8" y "grado 10".

Para tales elementos de construcción de los grados de calidad 8 y superiores se usaron hasta ahora aceros en los que está contenido níquel. Por ejemplo muestra el documento US 2007/0107808 A1 un acero de este tipo. Dado que el níquel es sin embargo caro, es económicamente razonable prescindir de níquel o reducir la proporción de níquel. Considerando los requerimientos mecánicos fijados en los grados de calidad de la resistencia al revenido y la tenacidad a temperaturas bajas es problemático prescindir de níquel. En particular se considera necesario níquel en aceros para medios de elevación, de eslingado, de tensión y/o de amarre, ya que la resistencia al impacto en la probeta entallada de aceros aleados con níquel (Ni > 0,8 % en peso) es tan alta que los daños de superficie que se producen en un uso rudo como entalladuras apenas alteran en total la resistencia.

Un elemento de unión templado y revenido se conoce por ejemplo por el documento DE 10 2008 041 391 A1. Este tornillo consigue su alta resistencia debido a una estructura de bainita. Es desventajoso que una estructura de este tipo pueda producirse sólo con procesos de enfriamiento y conversión isotérmica controlados de manera muy precisa. El documento DE 28 17 628 C2 se ocupa de aleaciones de acero que presentan una estructura de bainita.

Otros tornillos altamente resistentes se conocen por ejemplo por el documento EP 1 728 883.

Estos elementos de unión conocidos si bien son altamente resistentes, sin embargo a bajas temperaturas son muy frágiles. Éstos no son adecuados con ello para aplicaciones en el intervalo de temperaturas bajas, por ejemplo para un uso exterior en regiones de montaña, invernales o polares.

El objetivo de la invención es encontrar una composición de acero que pase con una baja proporción de níquel o sin níquel y cumpla los requerimientos de las propiedades mecánicas del grado de calidad 8 o superior. En particular

ES 2 653 665 T3

debe encontrarse un acero que tenga una alta energía absorbida durante el impacto a temperaturas bajas, por ejemplo -40 °C, y a temperaturas altas, por ejemplo +400 °C, y al mismo tiempo una resistencia suficiente así como resistencia al revenido. Dado que los elementos de construcción a partir de la técnica de elevación, de eslingado, de tensión y/o de amarre presentan superficies en peligro por desgaste, debe poder endurecerse también el acero.

5 Además éste debe poder fraguarse para poder fabricar de manera económica elementos de construcción especialmente resistentes.

La invención tiene como objetivo además mejorar el elemento de unión mencionado anteriormente en el sentido de que con una alta capacidad de carga, o sea una alta resistencia a la tracción, no se produzca a temperaturas bajas

10 ningún comportamiento de rotura frágil.

Este objetivo se soluciona mediante el acero poco aleado de acuerdo con la invención con la siguiente composición en porcentaje en peso:

15 carbono del 0,17 al 0,25, preferentemente del 0,20 al 0,23,
níquel del 0,00 al 0,25, preferentemente del 0,00 al 0,15 o bien el 0,10,
molibdeno del 0,15 al 0,60, preferentemente del 0,30 al 0,50,
niobio del 0,01 al 0,08 y/o titanio: del 0,005 al 0,1 y/o vanadio: < 0,16, pudiéndose encontrar la proporción de
niobio preferentemente entre el 0,01 y el 0,06,
20 aluminio del 0 al 0,050, preferentemente del 0,020 al 0,040,
cromo del 0,01 al 0,50, preferentemente del 0,20 al 0,40,
silicio del 0,1 al 0,3, preferentemente del 0,1 al 0,25,
manganeso del 1,40 al 1,60,
fósforo menos del 0,015,
25 azufre menos del 0,015,
cobre menos del 0,20,
nitrógeno del 0,006 al 0,014,
el resto hierro e impurezas inevitables.

30 El acero de acuerdo con la invención cumple en caso de cadenas los requerimientos mecánicos a partir del grado de calidad 8, en particular de los grados de calidad 8 y 10 con respecto a la resistencia a la tracción y la energía absorbida durante el impacto. Así han mostrado ensayos de la parte solicitante que una pieza con 16 mm de diámetro, que se mantuvo a aproximadamente 880 °C durante aproximadamente media hora, se enfrió rápidamente y a continuación se mantuvo a aproximadamente 450 °C durante aproximadamente una hora, presenta en el ensayo
35 de tracción valores de R_m (resistencia a la tracción) de apenas por encima de 1200 MPa, A_5 aproximadamente el 14 % (alargamiento de rotura), Z aproximadamente el 65 % (estricción de rotura). La pieza presenta una energía absorbida durante el impacto de aprox. 140 Julios a temperatura ambiente.

Un elemento de unión constituido por este acero presenta con resistencias muy altas una tenacidad a temperaturas
40 bajas extremadamente grande, de modo que éste ofrece aún altas estabilidades incluso en el estado dañado a temperaturas muy bajas.

Los tornillos conocidos de las máximas clases de resistencias 14,8, 15,8 y/o 16,8 presentan ya a temperatura ambiente en la mayoría de los casos una baja tenacidad. A bajas temperaturas por debajo del punto de congelación
45 tienden éstos por consiguiente inevitablemente a la rotura frágil. Este comportamiento de rotura no puede tolerarse en una serie de aplicaciones, en particular en caso de tornillos para medios de eslingado, de elevación y de amarre, dado que éstos se usan con frecuencia en condiciones climáticas muy extremas, como por ejemplo en barcos en la región polar o para el transporte de carga en regiones de montaña. Pequeños daños pueden conducir entonces al fallo inmediato del elemento de unión. Este peligro se ha reducido claramente con un elemento de unión de acuerdo
50 con la invención.

El acero puede usarse también para elementos de construcción de la técnica de eslingado, de elevación y de amarre, en particular eslabones, y también para elementos de construcción de la técnica de unión, o sea elementos de unión. Esto no parece estar claro sin más, ya que las correspondientes normas para los elementos de unión, por
55 ejemplo norma ISO 898, exigen un contenido en carbono de al menos el 0,28 % en peso y las cargas de eslabones y elementos de unión, en particular tornillos, son distintas.

Mediante el bajo uso de material de níquel, o bien la renuncia completa a níquel, es económico el acero de acuerdo con la invención.

60

El acero de acuerdo con la invención es adecuado especialmente para su uso en elementos de construcción y piezas que deben presentar por un lado altas resistencias a la tracción, sin embargo al mismo tiempo están expuestos a cargas mecánicas fuertes bruscas como golpes o procesos de rebote, en particular cuando éstos presentan entalladuras causadas por el funcionamiento. Éstos son en particular los ya mencionados medios de
65 elevación, de eslingado, de tensión y/o de amarre como por ejemplo cadenas de acero redondo o cadenas de perfil,

tensores de cadena, puntos de eslingado, ganchos etc., así como en particular elementos que transfieren fuerza de accionamiento en sistemas e instalaciones de transporte. Estas solicitaciones se controlan mediante altos valores de tenacidad.

- 5 Una cadena de acero redondo con las dimensiones \varnothing 16 mm x 48 mm presenta por ejemplo según ensayos propios la fuerza de ruptura necesaria para el grado de calidad 8 de 320 kilonewton también tras un tratamiento de revenido a una temperatura de hasta 550 °C durante una hora. Ciertos ensayos de la parte solicitante a 400, 450, 500 y 550 °C han confirmado esto. El acero de acuerdo con la invención lleva la designación 20MnMoCrNb6-4.
- 10 Por el estado de la técnica se conoce un acero para recipiente a presión 18MnMo4-5 (EN 10028-2). A este respecto se trata de un acero de grano grueso, térmicamente estable, cuya aplicación se encuentra en un campo completamente distinto del de medios de elevación, de eslingado, de tensión y/o de amarre y que no cumple los requerimientos del grado de calidad 8 y superior a esto. Debido al perfil de requerimiento y a la granulosidad gruesa pueden conseguirse con alta tenacidad sólo bajas resistencias a la tracción.
- 15 En particular puede tratarse, por ejemplo puede someterse a revenido una pieza de construcción del acero de acuerdo con la invención en distintas zonas de manera distinta, de modo que en estas zonas distintas existan durezas, resistencias a la tracción y/o energías absorbidas durante el impacto distintas.
- 20 A continuación se explican algunos perfeccionamientos preferentes de la invención. Las características adicionales de estos perfeccionamientos pueden aplicarse en cada caso individualmente o junto con las características de otros perfeccionamientos en cualquier combinación.
- En un primer perfeccionamiento preferente asciende la proporción en níquel en porcentaje en peso a menos del 0,15 o el 0,10 %. Dado que níquel es muy caro, es deseable tener una proporción lo más baja posible de níquel en el acero. Mediante una proporción del 0,10 % o inferior es posible por consiguiente debido a la composición de aleación restante reducir adicionalmente los costes. En particular es posible fabricar un acero que no contenga níquel, al margen de impurezas. Un acero libre de níquel de este tipo ahorra adicionalmente la etapa de trabajo de la adición de níquel.
- 25
- 30 De acuerdo con otro perfeccionamiento preferente asciende la proporción de carbono en porcentaje en peso a entre el 0,20 % y el 0,23 %. Mediante una proporción más alta de carbono se vuelve el acero más sólido, sin embargo disminuye la tenacidad con contenido en carbono creciente. Por lo tanto está limitado el intervalo preferente para el contenido en carbono al presente intervalo.
- 35 En otro perfeccionamiento preferente de la invención asciende la proporción de molibdeno en porcentaje en peso a entre el 0,30 % y el 0,50 %. Este intervalo es especialmente ventajoso para conseguir la deseada resistencia al revenido con bajos costes.
- 40 En otro perfeccionamiento preferente de la invención asciende la proporción de niobio en porcentaje en peso a entre el 0,01 % y el 0,06 %.
- En otro perfeccionamiento preferente de la invención asciende la proporción de aluminio en porcentaje en peso al menos al 0,020 % y/o como máximo al 0,040 %.
- 45 En otro perfeccionamiento preferente se encuentra la proporción de cromo en porcentaje en peso entre el 0,20 % y el 0,40 %. El cromo eleva la resistencia a la tracción, sin embargo reduce la resistencia al impacto en la probeta entallada. En el intervalo total están bien equilibrados estos dos efectos.
- 50 Preferentemente asciende la proporción de silicio en porcentaje en peso a entre el 0,1 % y el 0,25 %.
- Es especialmente ventajoso cuando la suma del contenido doble de níquel o niobio, aproximadamente 1,6 veces el contenido de titanio y/o el contenido simple de vanadio ascienda a como máximo aproximadamente el 0,16 % (en cada caso en porcentaje en peso).
- 55 En una realización especialmente ventajosa se encuentra el acero con la composición de acuerdo con la invención en una forma de grano extremadamente fino con un tamaño de grano más fino que 7. El acero de grano fino tiene con resistencia a la tracción más alta un tenacidad a temperaturas bajas más alta. Preferentemente presenta el acero de acuerdo con la invención o bien el elemento de construcción de acuerdo con la invención un tamaño de grano de 9 a 10.
- 60 En otra realización ventajosa para la fabricación de una pieza de construcción constituida por el acero de acuerdo con la invención comprende este procedimiento el endurecimiento y/o el revenido eventualmente repetidos.
- 65 En otra realización ventajosa del acero de acuerdo con la invención presenta un medio de elevación, de eslingado,

ES 2 653 665 T3

de tensión y/o de amarre fabricado a partir del acero una resistencia a la rotura de al menos 800 N/mm², mejor al menos 1200 N/mm² con la tenacidad requerida en el grado de calidad respectivo para cadenas. Si se cuenta con una tenacidad a temperaturas bajas más baja, por ejemplo ya que se usa el acero sólo a temperaturas más altas, entonces pueden conseguirse con el acero de acuerdo con la invención también resistencias a la tracción más altas.

5

En otra realización ventajosa presenta el acero o una pieza de construcción fabricada a partir del acero una dureza de 400 a 450 HV30.

10 En otra realización ventajosa presenta el acero o bien un elemento de construcción fabricado a partir del mismo en distintas zonas una diferencia en la dureza de 80 a 120 HV30.

En una realización especialmente ventajosa, el acero o un elemento de construcción constituido por el acero mantiene a 380 °C, mejor aún a 400 °C, de la mejor manera a 410 °C durante 1 h esencialmente su dureza.

15 El acero o bien una pieza de construcción constituida por este acero presenta en una configuración preferente una energía absorbida durante el impacto de al menos 30 Julios, preferentemente al menos 45 Julios, más preferentemente de aprox. 120 a 140 Julios a -40 °C. Esta tenacidad a temperaturas bajas garantiza que el elemento de construcción presenta estabildades suficientes también en entorno frío. A -60 °C asciende la energía absorbida durante el impacto a al menos aproximadamente 50 Julios.

20

En una configuración especialmente ventajosa del procedimiento se trata en distintas zonas un elemento de construcción, por ejemplo un eslabón, que se fabrica a partir del acero de acuerdo con la invención. En particular puede tratarse una pieza endurecida en distintas zonas con distintas temperaturas de revenido. Por ejemplo puede tratarse un eslabón en la zona de su arista con una temperatura distinta que en la zona del pliegue. Mediante un procedimiento de este tipo se producen zonas con distintos grados de dureza y tenacidad. Las zonas más duras forman superficies de desgaste, mientras que las zonas menos duras, sin embargo más dúctiles presentan una resistencia especialmente alta frente al fallo en el funcionamiento.

25

En una realización especialmente ventajosa del procedimiento para la fabricación de un elemento de construcción, en particular de un eslabón, se trata el eslabón de modo que éste presenta en al menos una zona una dureza de aprox. 400 a 450 HV30 y en al menos otra zona una dureza de aproximadamente 365 a 390 HV30 y al mismo tiempo cumple los requerimientos del grado de calidad 8 en cuanto a la fuerza de rotura y alargamiento de rotura. Las zonas con distintas propiedades están preferentemente anexas, es decir éstas están unidas entre sí.

30

35 De acuerdo con otra configuración ventajosa puede ascender la diferencia de dureza entre dos zonas de una pieza de construcción de acuerdo con la invención a de aproximadamente 90 a 110 HV30. Una cadena que está constituida por tales eslabones, presenta propiedades especialmente ventajosas. En sitios que están sujetos a una elevada carga de rozamiento y/o impacto, por ejemplo en los pliegues, puede presentar la cadena una dureza elevada. En zonas que están sometidas sobre todo a una carga de tracción mecánica o flexión en el funcionamiento, por ejemplo en las aristas, puede presentar el eslabón también en condiciones desfavorables una resistencia al fallo elevada.

40

En una realización especialmente ventajosa presenta un eslabón una dureza de aprox. 430 a 470 HV30 en una zona y de aprox. 380 a 395 HV30 en otra zona y cumple al mismo tiempo los requerimientos del grado de calidad 10.

45

En particular es adecuado el acero para su uso en un elemento de construcción de la técnica de elevación, de eslingado, de tensión y/o de amarre, especialmente en una cadena o un eslabón, y/o en un elemento de unión, por ejemplo un tornillo.

50 Es especialmente ventajoso el procesamiento de un acero de acuerdo con la invención en un proceso de conformado en frío y de endurecimiento para la fabricación de un elemento de unión y/o elemento de construcción con las propiedades mencionadas anteriormente.

Según otra configuración ventajosa puede presentar el elemento de unión de acuerdo con la invención martensita maciza con paquetes de lancetas en la estructura. La martensita maciza conduce a una alta resistencia, no alterando sin embargo a diferencia de otros tipos de martensita, como martensita mixta o de placa, la tenacidad a temperaturas bajas. La martensita maciza se produce en el transcurso del templado y revenido con enfriamiento brusco desde una temperatura por encima del punto AC3 con posteriores temperaturas de revenido, que permanecen por debajo de la temperatura a partir de la cual se descompone ϵ -carburo (carburo de transición Fe₂C).

60

En consecuencia es ventajoso cuando en la fabricación del elemento de unión se encuentra la temperatura de revenido por debajo de la temperatura de descomposición de ϵ -carburo.

En una sección transversal por el elemento de unión puede ascender la proporción de superficie de la martensita maciza al menos al 85 %, preferentemente al menos al 90 %. Las proporciones de superficie de más del 98 % de martensita maciza en una sección transversal apenas pudieron conseguirse, de modo que este valor puede

65

considerarse como límite superior para la proporción de martensita maciza.

La temperatura de revenido en el transcurso del templado y revenido del elemento de unión puede encontrarse entre 180 °C y 220 °C, preferentemente aproximadamente o exactamente a 200 °C. A estas temperaturas de revenido resultan combinaciones especialmente ventajosas de una tenacidad a temperaturas bajas alta con una resistencia a la tracción alta.

El elemento de unión puede presentar secciones conformadas en frío, por ejemplo una o varias secciones roscadas laminadas o enrolladas. La conformación en frío se realiza preferentemente antes del templado y revenido.

Debido a la aleación de acero mencionada anteriormente se caracteriza el elemento de unión de acuerdo con la invención en comparación con los elementos de unión conocidos por combinaciones especiales de valores característicos mecánicos, que pueden ajustarse en primer lugar a través del nivel de la temperatura revenido. En la aleación de acero de acuerdo con la invención parece que a temperaturas de revenido hasta como máximo 250 °C se aplica que cuanto más alta sea la temperatura de revenido, más baja se vuelve la resistencia a la tracción que puede conseguirse y más alta se vuelve la tenacidad a temperaturas bajas. Como valor característico para la tenacidad a temperaturas bajas sirve a continuación la energía absorbida durante el impacto KV, tal como se determina por ejemplo mediante un ensayo de flexión por impacto en la probeta entallada de muestras de entalladura en V según la norma ISO 148-1.

De acuerdo con una configuración ventajosa asciende la energía absorbida durante el impacto KV a una temperatura de -40 °C al menos a 55 Julios con una resistencia a la tracción R_m de al menos 1400 N/mm². Un límite superior para la energía absorbida durante el impacto KV a una temperatura de -40 °C y con una resistencia a la tracción de al menos 1400 N/mm² puede encontrarse en 70 J.

La energía absorbida durante el impacto KV a temperaturas aún más bajas, en particular a -60 °C, y al menos 1400 N/mm² puede ascender al menos a 45 J. Un límite superior de la energía absorbida durante el impacto KV a -60 °C puede encontrarse en 60 J.

La resistencia a la tracción R_m puede encontrarse con una energía absorbida durante el impacto KV de al menos 55 J a -40 °C, y en particular como máximo 70 J a -40 °C, en particular entre 1500 y 1600 N/mm².

El elemento de unión de acuerdo con la invención puede presentar una dureza de 450 a 480 HV30.

El elemento de unión presenta preferentemente una estructura de grano fino, cuyo tamaño de grano asciende a 9 o más fino. El tamaño de grano puede ascender en particular a 10. El tamaño de grano puede determinarse por ejemplo según la norma ASTM E 112.

Según una configuración especialmente preferente puede estar fabricado el elemento de unión en particular a partir de un acero 20MnMoCrNb6-4.

Para garantizar una capacidad de penetración de la cementación suficiente asciende el diámetro del elemento de unión de acuerdo con la invención en una configuración a como máximo entre 20 y 25 mm, que corresponde a diámetros de tornillo de como máximo M20 a M25.

En particular, en el caso del elemento de unión se trata de un tornillo, preferentemente para un medio de eslingado, de las clases de resistencia 14,8, 15,8 y/o 16,8.

La estabilidad al revenido, tal como se requiere ésta por ejemplo en la norma PAS 1061 para cadenas, puede ascender a una temperatura de revenido de al menos 380 °C, preferentemente al menos 400 °C, aún más preferentemente al menos 410 °C a por encima de 1 hora. A tales temperaturas de revenido sin embargo ya no puede conseguirse la resistencia a la tracción necesaria para los medios de unión de las clases de resistencia 14,8 y superiores a esto.

La invención se refiere también al uso de un acero en una de las composiciones mencionadas anteriormente para la fabricación de un elemento de unión, en particular de un tornillo, templado y revenido y en particular revenido al menos por secciones.

La invención se refiere además a un procedimiento para la fabricación de un elemento de unión, en particular de un tornillo, a partir de un acero de este tipo con la etapa adicional del templado y revenido. En el transcurso del templado y revenido puede reventarse el elemento de unión, tal como se ha expuesto ya anteriormente, a temperaturas entre 180 °C y 220 °C, en particular aproximadamente o a 200 °C.

A continuación se describe la invención a modo de ejemplo por medio de un ejemplo de realización. Las características descritas en relación con este ejemplo de realización pueden combinarse conforme a las

realizaciones anteriores de manera discrecional entre sí o suprimirse cuando no deba depender esto de la ventaja enlazada con la respectiva característica en una aplicación.

Muestran:

- 5 la figura 1 una representación esquemática de un eslabón, que se fabricó a partir del acero de acuerdo con la invención.
- 10 La figura 2 una representación esquemática de un elemento de unión de acuerdo con la invención;
- La figura 3 una representación esquemática, cualitativa de los resultados de un ensayo de tracción en una muestra redonda;
- 15 La figura 4 una representación esquemática, cualitativa de los resultados de un ensayo de flexión estático en pernos roscados de distintas clases de resistencia;
- La figura 5 una representación esquemática, cualitativa de la energía absorbida durante el impacto KV a -40 °C para distintas clases de resistencia de tornillos;
- 20 La figura 6 una representación esquemática, cualitativa de la energía absorbida a una temperatura de -40 °C con la rotura de pernos roscados M20;
- La figura 7 una representación esquemática, cualitativa de los resultados de ensayos de tracción (ensayos SOD) en tornillos ranurados de distintas clases de resistencia a -40 °C con dos profundidades de ranura distintas;
- 25 La figura 8 una representación esquemática, cualitativa de la fuerza de rotura y tensión nominal de rotura tras los ensayos de tracción (ensayos SOD) en tornillos de acuerdo con la invención, ranurados a -40 °C y a -60 °C como función de la profundidad de ranura.

30 En la figura 1 está representado un eslabón 1 de manera representativa para elementos de construcción de la técnica de elevación, de eslingado, de tensión y/o de amarre, que se ha fabricado a partir del acero de acuerdo con la invención. Por ejemplo puede tratarse de un eslabón de acero redondo. La composición química, que puede determinarse por ejemplo mediante un análisis químico de la masa fundida, es de acuerdo con la invención en

35 porcentaje en peso de la siguiente manera: carbono del 0,17-0,25 %, níquel del 0,00-0,25 %, molibdeno del 0,15-0,60 %, niobio del 0,01-0,08 % y/o titanio del 0,005-0,1 % y/o vanadio \leq 0,16 %, aluminio del 0,020-0,050 %, cromo del 0,10-0,50 %, silicio del 0,1-0,3 %, manganeso del 1,40-1,60 %, fósforo $<$ 0,015 %, azufre $<$ 0,015 %, cobre $<$ 0,20 %, nitrógeno del 0,006-0,014 %, el resto hierro e impurezas inevitables.

40 En particular puede encontrarse la proporción de níquel inferior al 0,10 por ciento en peso, la proporción de carbono entre el 0,20 y el 0,23 por ciento en peso, la proporción de molibdeno entre el 0,30 y el 0,50 por ciento en peso, la proporción de niobio entre el 0,01 y el 0,06 por ciento en peso, la proporción de aluminio entre el 0 o bien el 0,020 y el 0,040 por ciento en peso, la proporción de cromo entre el 0,20 y el 0,40 por ciento en peso y/o la proporción de silicio entre el 0,1 y el 0,25 por ciento en peso.

45 Especialmente debía ascender la suma del contenido doble de níquel (en porcentaje en peso), aproximadamente 1,6 veces el contenido de titanio (en porcentaje en peso) y/o el contenido simple de vanadio (en porcentaje en peso) como máximo aproximadamente al 0,16 por ciento en peso.

50 El eslabón 1 constituido por el acero de acuerdo con la invención presenta propiedades mecánicas que representan un buen compromiso entre la resistencia a la tracción y la energía absorbida durante el impacto. Tal como se ha representado por medio de las series de ensayo, cumple el acero de acuerdo con la invención el requerimiento de los grados de calidad 8 y 10 sin problema. La fabricación mediante la baja proporción de níquel o la supresión de níquel en el proceso de fabricación es económica, dado que níquel es caro. En particular puede disponer el acero de

55 acuerdo con la invención de una alta energía absorbida durante el impacto en el intervalo de bajas temperaturas, por ejemplo a -40 °C, y a temperaturas altas, por ejemplo a 400 °C, de una alta estabilidad al revenido.

Para determinar las propiedades del acero, se sometió a estudio en primer lugar, tal como se requiere por las normas de acero correspondientes, por ejemplo DIN 17115, como referencia un cilindro con \varnothing 16 mm. Tras recocido a 880 °C durante aprox. ½ h se enfrió rápidamente éste en agua y a continuación se sometió a revenido a 450 °C durante 1 h y se enfrió en aire. Tras esto mostró esta muestra un valor de Rm de 1213 MPa, un valor A5 del 13,1 % y un valor Z del 64 %. A temperatura ambiente presentaba ésta un valor de energía absorbida durante el impacto de aprox. 140 J.

65 Una muestra, que se trató térmicamente a 930 °C durante aproximadamente 4 h y se enfrió rápidamente en agua,

mostró un tamaño de grano de 8-9. El acero es por tanto de grano fino estable.

Para mostrar que elementos de construcción constituidos por el acero de acuerdo con la invención cumplen los distintos grados de calidad, ha realizado la parte solicitante distintos ensayos. Todos los ensayos se realizaron a este respecto con una cadena de acero redondo con las dimensiones \varnothing 16 mm x 48 mm. Los resultados para cadenas de acero redondo pueden transferirse a otros medios de eslingado, de amarre y de elevación típicos, como por ejemplo puntos de enganche, tensores, grilletes de unión etc.

Serie de ensayos 1

10 En una primera parte se sometió a revenido una cadena tras el endurecimiento desde una temperatura por encima del punto de transformación AC3 en el diagrama de hierro-carbono y entonces se sometió a revenido durante aprox. una hora a distintas temperaturas. A este respecto mostró la cadena tras distintas temperaturas de revenido durante en cada caso una hora los valores mostrados en la tabla 1 para la resistencia a la tracción y el alargamiento de rotura.

Tabla 1

T en °C	F _{máx} en kN	A _r en %
450	372,8	26,1
500	354,8	28,6
550	346,3	30,2

20 Los ensayos de revenido muestran que las propiedades mecánicas requeridas en el grado de calidad 8 permanecen constantes también a temperaturas altas hasta el inicio de la zona de fluencia. A una temperatura de revenido de 400 °C durante aprox. una hora presentaba ésta una energía absorbida durante el impacto de aprox. 130 J a -40 °C. El acero de acuerdo con la invención es por consiguiente tanto tenaz a bajas temperaturas como también térmicamente resistente.

25 La cadena consigue por tanto según la tabla 1 la fuerza de rotura mínima de 320 kN necesaria para el grado de calidad 8 en caso de una cadena de acero redondo de este tipo, o bien resistencia a la rotura mínima de 800 N/mm².

30 Tras esta serie de ensayos cumple una cadena constituida por el acero de acuerdo con la invención los requerimientos mecánicos del grado de calidad 8 según las normas ISO 3076 y DIN EN 818-2.

Serie de ensayos 2

35 La cadena se endureció desde una temperatura por encima de AC3, se sometió a revenido y a continuación se sometió a revenido de nuevo durante aprox. una hora a 380 °C. A este respecto se mostró una resistencia a la tracción de aprox. 435 kN con un alargamiento de rotura del 31 %. La cadena presenta por tanto la fuerza de rotura mínima necesaria de 400 kN o bien de 1000 N/mm² tras nuevo calentamiento.

40 La serie de ensayos 2 muestra que una cadena constituida por el acero de acuerdo con la invención cumple también los requerimientos de PAS 1061 y por consiguiente es adecuada para cadenas del grado de calidad 10.

Serie de ensayos 3

45 En una tercera serie de ensayos se sometió a revenido un eslabón tras un endurecimiento desde una temperatura por encima de AC3 a una temperatura entre 180 °C y 220 °C. Un eslabón tratado de esta manera presentaba una energía de flexión por impacto en la probeta entallada de más de 50 J a -40 °C y de aprox. 50 J a -60 °C. La fuerza de rotura mínima se encontraba claramente por encima de 420 kN en apenas por encima de 490 kN. Un eslabón de este tipo puede usarse por tanto para aplicaciones a temperaturas muy bajas.

50 La figura 2 muestra a modo de ejemplo un elemento de unión 10 en forma de un tornillo. El tornillo está dotado de una sección roscada 20 conformada en frío, en particular laminada y está templado y revenido.

El elemento de unión 10 está fabricado a partir de un acero que presenta las siguientes partes constituyentes de aleación:

55 carbono: del 0,15 % al 0,25 % en peso, en particular del 0,20 % al 0,23 % en peso,
 níquel del 0,00 % al 0,25 % en peso, en particular del 0,00 % al 0,10 % en peso,
 molibdeno: del 0,15 % al 0,60 % en peso, en particular del 0,30 % al 0,50 % en peso,
 niobio: del 0,01 % al 0,8 % en peso y/o titanio: del 0,005 % al 0,01 % en peso y/o vanadio: ≤ 0,16 %, pudiendo
 60 presentar niobio en particular una proporción del 0,01 % al 0,06 % en peso,

aluminio: del 0 % al 0,050 % en peso, en particular del 0,020 % al 0,040 % en peso,
 cromo: del 0,10 % al 0,50 % en peso, en particular del 0,20 % al 0,40 % en peso,
 silicio: del 0,1 % al 0,3 % en peso, en particular del 0,1 % la 0,25 % en peso,
 5 manganeso: del 1,40 % al 1,60 % en peso,
 fósforo: < 0,015 % en peso,
 azufre: < 0,015 % en peso,
 cobre: < 0,20 % en peso,
 nitrógeno: del 0,006 % al 0,14 % en peso.
 El resto del acero es hierro e impurezas inevitables.

10 La suma del contenido doble en porcentaje en peso de níquel, aproximadamente 1,6 veces el contenido de titanio y/o el contenido simple de vanadio, en cada caso medido en porcentaje en peso, debía ascender preferentemente como máximo a aproximadamente el 0,16 % en peso.

15 Una primera serie de ensayos para este acero se realizó con respecto a la idoneidad para la fabricación de eslabones. Estos ensayos pueden concluir también sobre su idoneidad para la fabricación de elementos de unión 10.

Ensayo 1.1

20 En primer lugar se sometió a estudio según la norma DIN 171 15 como referencia un cilindro con diámetro de 16 mm constituido por el acero descrito anteriormente. Tras recocido a 880 °C durante aprox. media hora se enfrió rápidamente el cilindro en agua y a continuación se sometió a revenido a 450 °C durante una hora y se enfrió en aire. Después mostró esta muestra una resistencia a la tracción R_m de 1213 N/mm², un valor A_5 del 13,1 % y un
 25 valor Z del 64 %. A temperatura ambiente presentaba la muestra un valor energía absorbida durante el impacto de aprox. 140 J.

A partir de este ensayo puede deducirse que a una temperatura de revenido entre 180 °C y 220 °C, en particular aproximadamente 200 °C, valores especialmente más altos para la resistencia a la tracción R_m . La resistencia a la
 30 tracción a una temperatura de revenido de este tipo debía encontrarse en al menos 1400 N/mm², en particular por encima de 1500 N/mm² hasta aproximadamente 1600 N/mm² de manera eventual fácilmente por encima de esto, de modo que pueden conseguirse tornillos de la clase de resistencia de 14,8, 15,8 y 16,8.

Ensayo 1.2

35 Una muestra que se trató térmicamente a 930 °C durante aprox. cuatro horas y se enfrió rápidamente en agua, mostraba un tamaño de grano de acuerdo con ASTM de 8 a 9. El acero es por tanto de grano fino estable.

A temperaturas de revenido de 180 °C a 220 °C y tiempos de revenido más bajos, por ejemplo aproximadamente 1
 40 hora, ha de contarse con tamaños de grano aún más finos, aproximadamente ASTM 10. Los tamaños de grano de aproximadamente ASTM 10 pueden conseguirse también con un tratamiento térmico a temperaturas más bajas y/o una duración más baja.

Ensayo 1.3

45 Para mostrar que cadenas de acero redondo y otros medios de eslingado, de amarre y de elevación típicos, como por ejemplo puntos de enganche, tensores, grilletes de unión etc. constituidos por el acero anterior, satisfacen los grados de calidad acertados para estos elementos de construcción, se realizaron otros ensayos. Estos ensayos se
 50 realizaron con una cadena de acero redondo con las dimensiones de diámetro 16 mm x 48 mm.

Serie de ensayos 1.3.a

En una primera serie de ensayos se sometió a recocido la cadena de acero redondo 16 x 48 tras el endurecimiento hasta una temperatura por encima del punto de transformación AC3 en el diagrama de hierro-carbono y entonces se
 55 sometió a revenido durante aprox. una hora a distintas temperaturas. A este respecto mostró la cadena tras distintas temperaturas de revenido los valores mostrados en la tabla 2 para la resistencia a la tracción y alargamiento de rotura.

Tabla 2

T °C	F _{máx} en kN	A _r %
450	372,8	26,1
500	354,8	28,6
550	346,3	30,2

60

Los ensayos de revenido muestran que el acero es térmicamente resistente. Dado que a una temperatura de revenido de 400 °C durante aprox. una hora pudo detectarse una energía absorbida durante el impacto de aprox. 130 J a -40 °C, es el acero anterior para el elemento de unión 1 tanto tenaz a bajas temperaturas como también térmicamente resistente. Tal como demuestra la tabla 2, con temperatura de revenido decreciente aumenta la carga de rotura, mientras que el alargamiento de rotura disminuye.

En el eslabón se consigue una resistencia a la rotura mínima de 800 N/mm².

Serie de ensayos 1.3.b

10

La cadena se endureció desde una temperatura por encima de AC3, se sometió a revenido y a continuación se sometió de nuevo a revenido durante aprox. una hora a 380 °C. A este respecto se mostró en el eslabón una resistencia a la tracción de aprox. 435 kN con un alargamiento de rotura del 31 %. La cadena presenta por tanto un nuevo calentamiento una resistencia de rotura mínima de 1000 N/mm².

15

Serie de ensayos 1.3.c

En una tercera serie de ensayos se sometió a revenido un eslabón tras un endurecimiento desde una temperatura por encima de AC3 a una temperatura entre 180 °C y 220 °C. Un eslabón tratado de esta manera presentaba una energía de flexión por impacto en la probeta entallada KV según la norma DIN EN 10045 de más de 50 J a -40 °C y de aprox. 50 J a -60 °C. La fuerza de rotura mínima se encontraba en apenas por encima de 490 kN en el eslabón. También a partir de esto puede concluirse sobre una resistencia a la tracción R_m de más de 1400 N/mm², en particular entre 1500 N/mm² y 1600 N/mm² en un elemento de unión tal como un tornillo, cuando se considera el estado de tensión pluridimensional del elemento de unión.

25

En una segunda serie de ensayos se enfrió rápidamente el acero desde una temperatura por encima del punto AC3 y se sometió entonces a revenido entre 180 °C y 220 °C. Tras este templado y revenido presentaban las muestras en una sección transversal o bien una imagen de estructura una proporción de superficie de martensita maciza entre el 85 % o bien el 90 % y el 98 %.

30

El material de partida para todas las muestras era un perno roscado M20.

Ensayo 2.1.a

35 Un ensayo de tracción según la norma ISO 6892-1 a una temperatura de 20 °C en la muestra redonda torneada a partir del perno roscado M20 con un diámetro externo de 15 mm da como resultado cualitativamente el desarrollo representado en la figura 2.

El límite de estricción $R_{p0,2}$ de la muestra redonda torneada se encuentra según esto entre 1250 y 1350 N/mm². La resistencia a la tracción R_m se encuentra por encima de 1400 N/mm², entre 1500 y 1600 N/mm².

40

El alargamiento de rotura A_5 se encuentra por encima del 13 % hasta como máximo el 18 %, en el intervalo de aproximadamente el 15 %. La estricción de rotura Z es más alta del 48 %, hasta aproximadamente el 55 %, en el intervalo de aproximadamente el 51 %.

45

Ensayo 2.1.b

Si se sometiera a revenido una muestra redonda torneada a partir del perno roscado M20 con un diámetro externo de 15 mm a aproximadamente 200 °C para obtener una resistencia a la tracción R_m alta, entonces se obtendrían los siguientes valores: $R_m = 1550 \dots 1600$ N/mm², $R_{p0,2} = 1300 \dots 1350$ N/mm², $A_5 = 8 \dots 12$ %, $Z = 40 \dots 50$ %.

50

A partir de los resultados del ensayo de tracción de acuerdo con la figura 3 puede concluirse que el elemento de unión de acuerdo con la invención presenta una resistencia a la tracción muy alta y al mismo tiempo una ductilidad alta a temperatura ambiente. Debido a los resultados del ensayo de tracción, en tanto que se realicen a continuación ensayos en un perno roscado configurado de acuerdo con la invención, éste se designa con la clase de resistencia 15,8.

55

Ensayo 2.1.c

60 Otro ensayo con otra muestra redonda, que se cortó igualmente de un perno M20 constituido por el acero de acuerdo con la invención, presentaba tras una temperatura de revenido de 300 °C una estricción de rotura Z en el intervalo del 60 ... 70 %. Debido a la alta temperatura de revenido ascendía la resistencia a la tracción R_m a 1425 ... 1475 N/mm².

65

Ensayo 2.2

En la figura 4 están representados cualitativamente los resultados de un ensayo de flexión estático en pernos roscados M20 de las clases de resistencia 8,8, 10,9, 12,9 y 15,8 y están mostradas, abajo a la derecha, las muestras al final del ensayo. El elemento de unión configurado de acuerdo con la invención de la clase de resistencia 15,8 se ha comparado a este respecto con elementos de unión habituales en el comercio de las clases 8,8, 10,9 y 12,9.

El ensayo de flexión se realizó en pernos roscados de 120 mm de longitud y con un punzón con 20 mm de radio. Los pernos roscados estaban apoyados sobre las superficies inclinadas de un prisma de 90 °.

Se muestra que el elemento de unión configurado de acuerdo con la invención no sólo puede absorber una carga de flexión esencialmente más larga, sino que también la capacidad de deformación del elemento de unión de acuerdo con la invención sobrepasa la capacidad de deformación de los tornillos de clases de resistencia más bajas 12,9 y 10,9. Así soporta un tornillo M20 de acuerdo con la invención una deformación por flexión de 24 mm. Con esta deformación se han roto ya los tornillos de las clases de resistencia 12,9 y 10,9.

Ensayo 2.3

En otros ensayos se sometió a estudio la tenacidad a temperaturas bajas de un perno roscado M20 de acuerdo con la invención. Para ello se realizó un ensayo de flexión por impacto en la probeta entallada según la norma ISO 148-1 a -40 °C. La figura 5 muestra los resultados cualitativos de nuevo en comparación con elementos de unión de clases de resistencia más bajas, en este caso 10,9 y 12,9.

La energía absorbida durante el impacto KV que resulta tras estos ensayos con el elemento de unión 15,8 de acuerdo con la invención a -40 °C de por encima de 60 J hasta aproximadamente 69 J se encuentra claramente por encima de los valores de energía absorbida durante el impacto KV para las muestras ISO-V por lo demás idénticas de los pernos roscados de las clases de resistencia 10,9 y 12,9.

Los elementos de unión en la configuración de acuerdo con la invención presentan en consecuencia una alta tenacidad a temperaturas bajas, que sobrepasa la tenacidad a temperaturas bajas de las clases de resistencia más bajas.

Ensayo 2.4

La alta tenacidad a temperaturas bajas de un elemento de unión configurado de acuerdo con la invención, que a pesar de una resistencia esencialmente más alta sobrepasa la tenacidad a temperaturas bajas de las clases de resistencia más bajas, puede distinguirse también en la figura 5. La figura 6 muestra cualitativamente la energía absorbida durante la rotura del perno roscado M20 a una temperatura de prueba de -40 °C.

Según esto absorbe un perno roscado M20 de acuerdo con la invención a -40 °C claramente más energía que los pernos roscados M20 de las clases de resistencia 10,9 y 12,9. En aplicaciones de temperaturas más bajas ofrece el excedente de energía absorbida en el elemento de unión configurado de acuerdo con la invención una seguridad de funcionamiento más alta.

Ensayo 2.5

En otra serie de ensayos se sometió a estudio el comportamiento de tenacidad de elementos de unión de acuerdo con la invención en comparación con elementos de unión convencionales de clases de resistencia más bajas a -40 °C con ayuda de ensayos SOD.

En los ensayos SOD (“*slit opening displacement*”) se introduce en los tornillos M20 una ranura paralela a la secante en algunas muestras con una profundidad de 3,4 mm y en otras muestras con una profundidad de 6,8 mm, medida por la profundidad de núcleo de la rosca (véase la figura 6). La profundidad de la ranura corresponde con ello al 20 % (profundidad de ranura de 3,4 mm) o bien al 40 % (profundidad de ranura de 6,8 mm) del diámetro. A continuación se cargan los tornillos con tracción. A través de una tira de medición de alargamiento en el diámetro externo con respecto al sitio más profundo de la ranura se registra la abertura de la ranura con carga de tracción creciente.

Cualitativamente está representado el resultado de los ensayos SOD en la figura 7.

Ha de distinguirse que, en comparación con los tornillos 10,9 y 12,9 hasta la rotura del tornillo, pueden absorberse las fuerzas absolutas máximas por el elemento de unión de acuerdo con la invención.

Además se deduce de los resultados de ensayo según la figura 7 que en los elementos de unión de acuerdo con la invención se produce una rotura sólo cuando se ha ensanchado mucho ya la ranura. Mientras que un tornillo M20 de

ES 2 653 665 T3

la clase de resistencia 12,9 aproximadamente de manera independiente de la profundidad de la ranura tras un ensanchamiento de la ranura en aprox. 0,3 mm y un tornillo de la clase de resistencia 10,9, igualmente aproximadamente de manera independiente de la profundidad de la ranura, con un ensanchamiento de la ranura en aprox. 0,5 mm se rompe, un elemento de unión de acuerdo con la invención constituido por el acero anterior tolera un ensanchamiento de la ranura en claramente más de 0,5 mm, concretamente hasta por encima de 0,7 mm.

A partir de los ensayos SOD puede concluirse que incluso a una temperatura de -40 °C, un elemento de unión configurado de acuerdo con la invención no queda por debajo de la capacidad de carga admisible ("*working load limit*", WLL) para tornillos de tope incluso a -40 °C y con deterioro. Así se aplica en tornillos de tope un factor de seguridad de 6 con respecto a la resistencia a la tracción como capacidad de carga admisible. Un tornillo de la clase de resistencia 15,8 con una resistencia a la tracción de 1500 kN debe cargarse en consecuencia como tornillo de tope como máximo con sólo $1500 \text{ kN}/6 = 250 \text{ kN}$. A -40 °C existe en el elemento de unión de acuerdo con la invención sin embargo una estabilidad residual de más del triple con respecto al *working load limit*. Esta estabilidad existe incluso aún a -60 °C. En la figura 8 están caracterizados la resistencia a la tracción, el *working load limit* WLL y el triple *working load limit* mediante líneas de puntos y rayas.

Todos los ensayos muestran que el elemento de unión configurado de acuerdo con la invención une una resistencia extremadamente alta con una tenacidad a temperaturas bajas extremadamente alta. Tanto con respecto a la resistencia a la flexión, como también con respecto a la energía absorbida durante el impacto y la resistencia a la rotura de las muestras SOD son superiores los elementos de unión de acuerdo con la invención a los elementos de unión conocidos.

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Acero endurecible para medios de elevación, de eslingado, de tensión y/o de amarre del grado de calidad 8 y por encima de esto con la siguiente composición en porcentaje en peso:
- 5
- carbono del 0,17-0,25 %
 - níquel del 0,00-0,25 %
 - molibdeno del 0,15-0,60 %
 - niobio del 0,01-0,08 % y/o titanio del 0,005-0,1 % y/o vanadio $\leq 0,16$ %
- 10
- aluminio del 0-0,050 %
 - cromo del 0,10-0,50 %
 - silicio del 0,1-0,3 %
 - manganeso del 1,40-1,60 %
 - fósforo $< 0,015$ %
- 15
- azufre $< 0,015$ %
 - cobre $< 0,20$ %
 - nitrógeno del 0,006-0,014 %
 - el resto hierro e impurezas inevitables.
- 20
2. Acero según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la proporción de níquel en porcentaje en peso asciende a menos del 0,15 %.
3. Acero según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** la proporción de carbono en porcentaje en peso asciende a entre el 0,20 % y el 0,23 %.
- 25
4. Acero según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** la proporción de molibdeno en porcentaje en peso se encuentra entre el 0,30 % y el 0,50 %.
5. Acero según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** la proporción de niobio en porcentaje en peso se encuentra entre el 0,01 % y el 0,06 %.
- 30
6. Acero según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** la proporción de aluminio en porcentaje en peso asciende al menos al 0,020 % y/o como máximo al 0,040 %.
- 35
7. Acero según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por que** la proporción de cromo en porcentaje en peso se encuentra entre el 0,20 % y el 0,40 %.
8. Acero según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado por que** la proporción de silicio en porcentaje en peso se encuentra entre el 0,1 % y el 0,25 %.
- 40
9. Elemento de unión y/o elemento de construcción, en particular un tornillo o un eslabón para un medio de elevación, de eslingado, de tensión y/o de amarre, **caracterizado por que** éste se ha fabricado al menos parcialmente a partir de un acero según una de las reivindicaciones 1 a 8.
- 45
10. Elemento de unión o elemento de construcción según la reivindicación 9, **caracterizado por que** el acero presenta en distintas zonas anexas distintas durezas y/o resistencias y/o energías absorbidas durante el impacto.
11. Elemento de unión o elemento de construcción según la reivindicación 9 o 10, **caracterizado por que** éste presenta una dureza de 400 a 480 HV30.
- 50
12. Elemento de unión o elemento de construcción según una de las reivindicaciones 9 a 11, **caracterizado por que** éste presenta en distintas zonas una diferencia en la dureza de 80 a 120 HV30.
13. Elemento de unión o elemento de construcción según una de las reivindicaciones 9 a 12, **caracterizado por que** éste presenta una tensión de rotura mínima de al menos 800 N/mm², preferentemente al menos 1200 N/mm².
- 55
14. Elemento de unión o elemento de construcción según una de las reivindicaciones 9 a 13, **caracterizado por que** éste presenta el tamaño de grano 9 o más fino.
- 60
15. Elemento de unión según una de las reivindicaciones 9 a 14, **caracterizado por que** éste presenta una energía absorbida durante el impacto KV de al menos 55 J a -40 °C y una resistencia a la tracción R_m de al menos 1400 N/mm².

16. Elemento de unión según una de las reivindicaciones 9 a 15, **caracterizado por que** la energía absorbida durante el impacto KV a -60 °C y una resistencia a la tracción R_m de al menos 1400 N/mm² asciende al menos a 45 J.
- 5 17. Elemento de unión según una de las reivindicaciones 9 a 16, **caracterizado por que** la resistencia a la tracción R_m se encuentra entre 1500 y 1600 N/mm².
18. Elemento de unión según una de las reivindicaciones 9 a 17, **caracterizado por que** en una sección transversal del elemento de unión está ocupada una proporción de superficie de al menos el 85 % por martensita maciza.
- 10 19. Elemento de unión según una de las reivindicaciones 9 a 18, **caracterizado por que** el elemento de unión es un tornillo del grado de resistencia 14,8, 15,8 o 16,8.
20. Procesamiento de un acero según una de las reivindicaciones 1 a 8 en un proceso de conformación en frío y de endurecimiento para la fabricación de un elemento de construcción según una de las reivindicaciones 9 a 14 o de un elemento de unión según una de las reivindicaciones 9 a 19.
- 15 21. Uso del acero según una de las reivindicaciones 1 a 8 para un elemento de unión, en particular un tornillo, o elemento de construcción de la técnica de elevación, de eslingado, de tensión y/o de amarre en particular una
- 20 cadena o un eslabón.

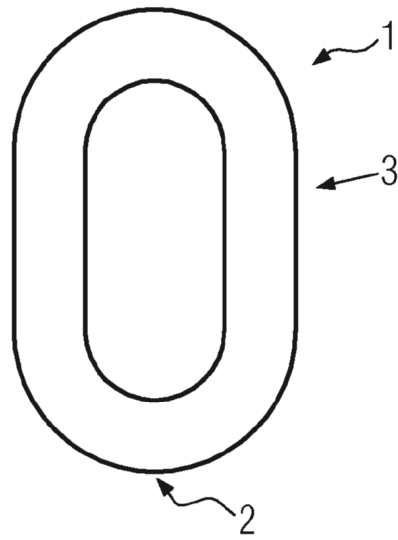


FIG. 1

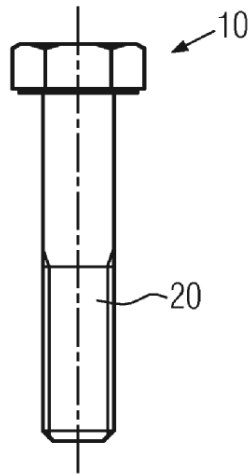


FIG. 2

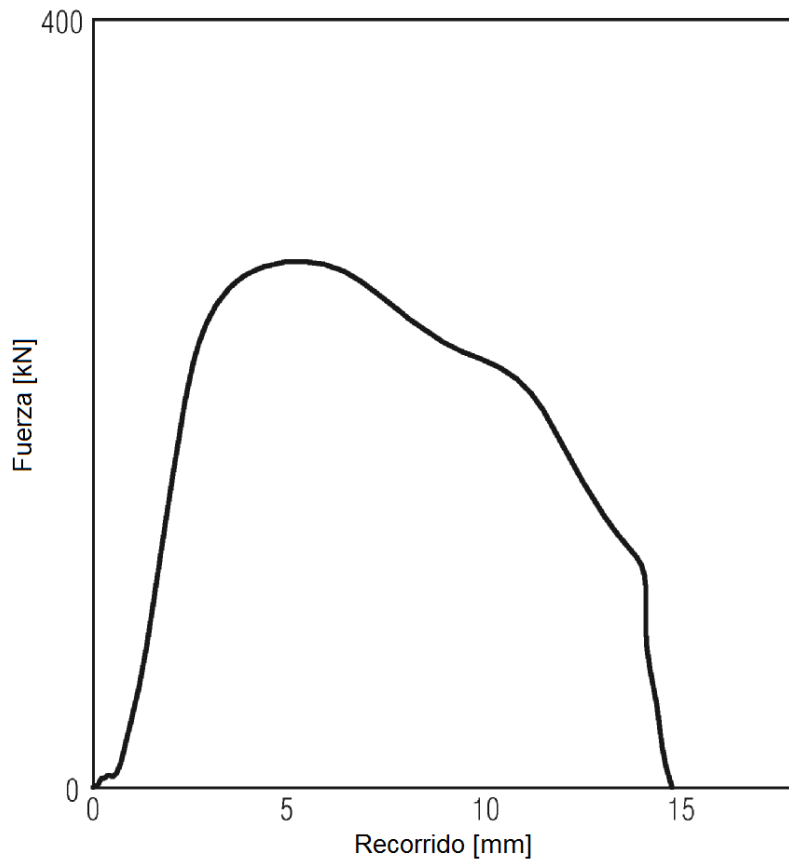


FIG. 3

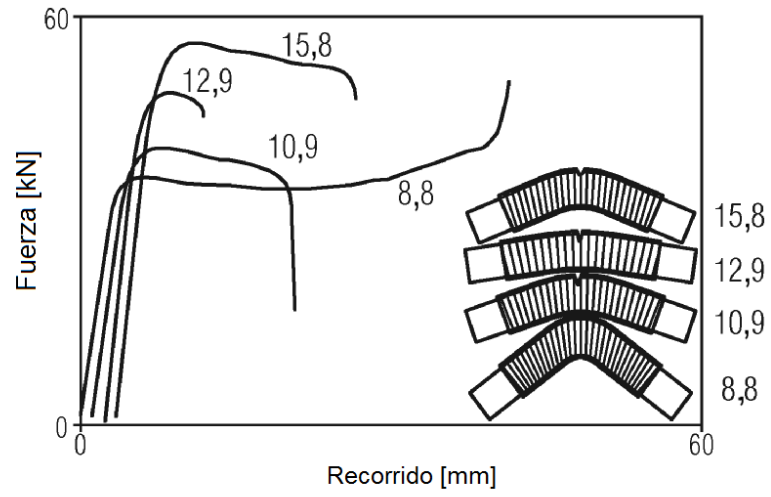


FIG. 4

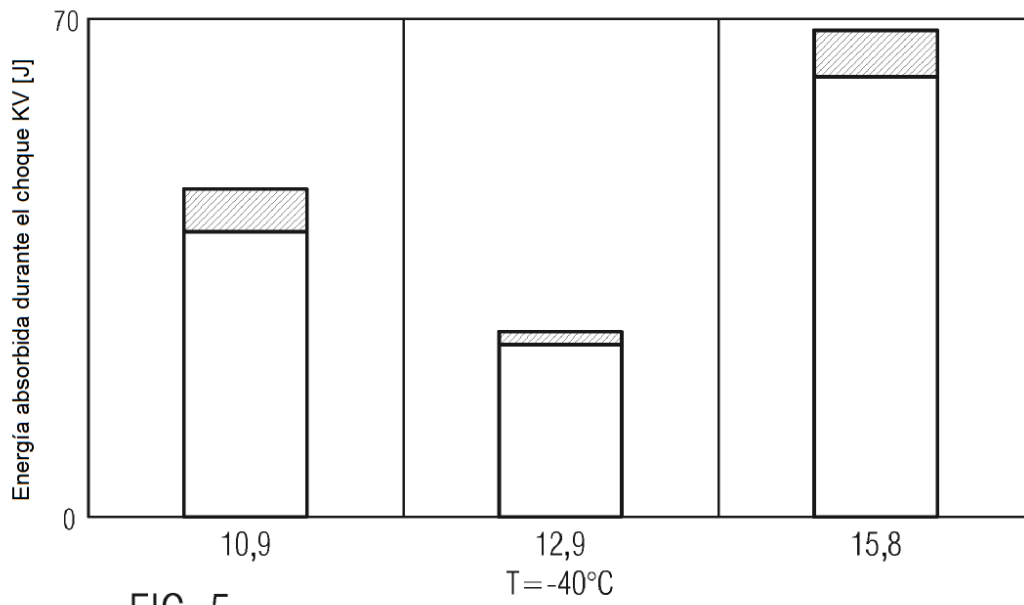


FIG. 5

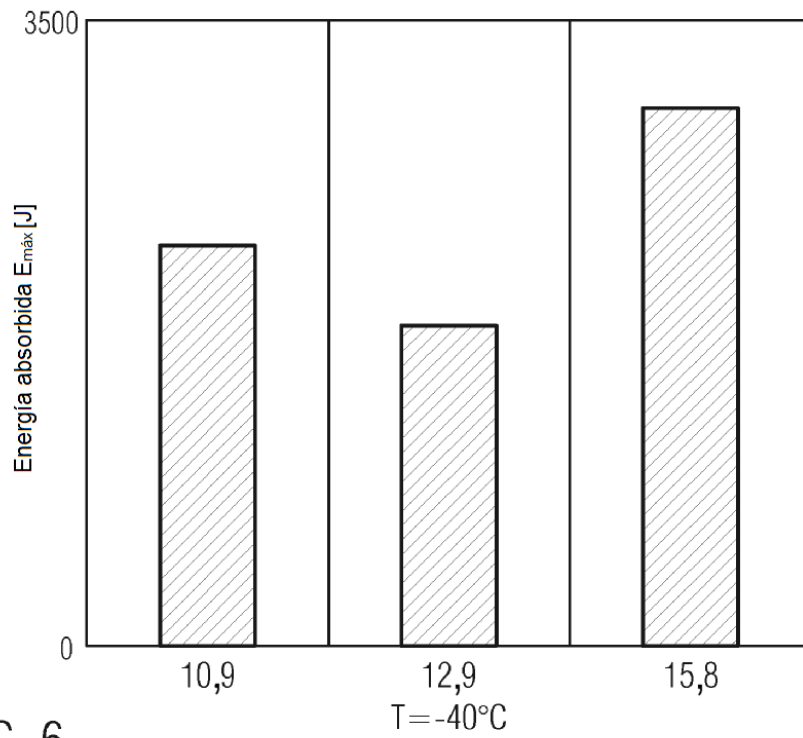


FIG. 6

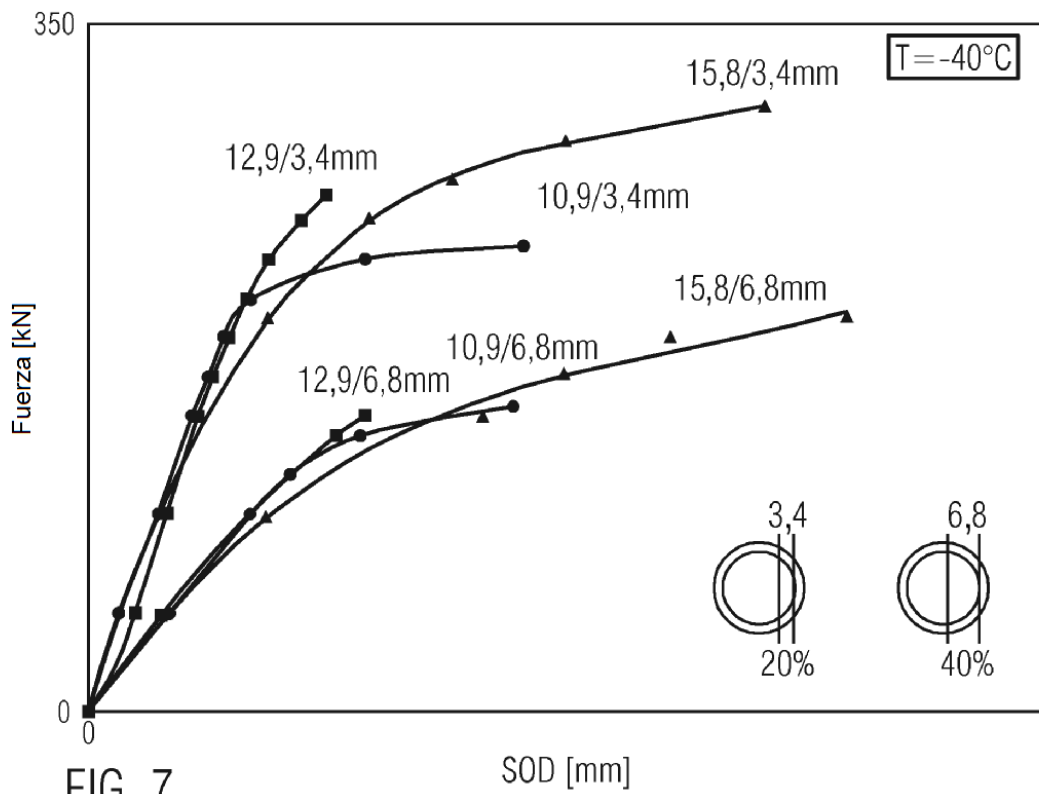


FIG. 7

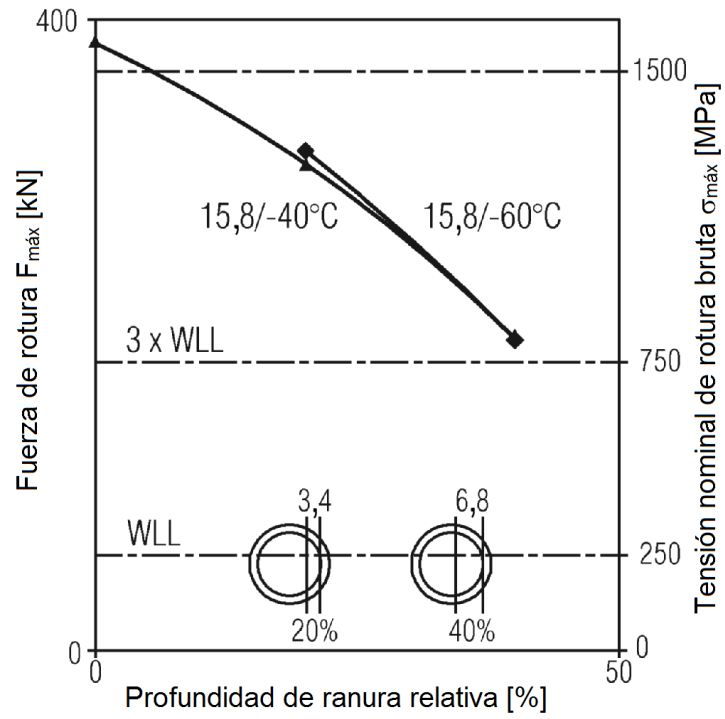


FIG. 8