

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 524 352**

51 Int. Cl.:

C21D 6/00 (2006.01)

C21D 9/46 (2006.01)

C22C 38/04 (2006.01)

C22C 38/06 (2006.01)

C22C 38/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.04.2011 E 11711594 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.08.2014 EP 2553133**

54 Título: **Acero, producto plano de acero, elemento de construcción de acero y procedimiento para la fabricación de un elemento de construcción de acero**

30 Prioridad:

01.04.2010 EP 10158923

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

05.12.2014

73 Titular/es:

**THYSSENKRUPP STEEL EUROPE AG (100.0%)
Kaiser-Wilhelm-Strasse 100
47166 Duisburg, DE**

72 Inventor/es:

**GERBER, THOMAS;
HECKELMANN, ILSE;
HELLER, THOMAS;
MURA, JULIA;
NORDEN, MARTIN y
VIVES DIAZ, NICOLAS**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 524 352 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, producto plano de acero, elemento de construcción de acero y procedimiento para la fabricación de un elemento de construcción de acero

La invención se refiere a un acero, un producto plano de acero, un elemento de construcción de acero fabricado a partir del mismo y un procedimiento para la fabricación de un elemento de construcción de acero.

Los requerimientos en la industria automovilística de parte de la autoridad legislativa aumentan en los últimos años. Por un lado se requiere una elevada seguridad del pasajero en caso de colisión, por otro lado la construcción ligera representa una condición previa importante para la minimización de la emisión de CO₂ y del consumo de combustible. Al mismo tiempo crecen por parte del usuario los requerimientos de confort, lo que conduce a un aumento de peso del automóvil debido a la elevada proporción de componentes electrónicos. Para cumplir estos requerimientos contradictorios, la industria automovilística y la industria de acero plano apuestan fuertemente por la construcción ligera de vehículos en la zona de la estructura de carrocería.

Para elementos de construcción de automóviles relevantes en la colisión son adecuados en particular elementos de construcción conformados en caliente, endurecidos en prensa de aceros al manganeso y boro. Un ejemplo típico de esta calidad de acero es el acero al MnB conocido por la denominación "22MnB5" (número de material 1.5528). Las posibilidades de uso de elementos de construcción generados a partir de aceros al MnB, endurecidos en prensa son por ejemplo montante B, refuerzo para montante B y parachoques de carrocerías de turismos. Mediante una conformación en caliente y un endurecimiento en prensa combinados pueden fabricarse elementos de construcción con geometrías complejas y las más altas resistencias (R_m: aproximadamente 1500 MPa; R_p 0,2: aproximadamente 1100 MPa).

Los elementos de construcción así obtenidos están caracterizados por una estructura predominantemente martensítica. Su alta resistencia permite básicamente una clara reducción de los espesores de pared y con ello un peso del elemento de construcción igualmente reducido de manera clara. Sin embargo, los elementos de construcción endurecidos en prensa en caliente a partir de aceros al MnB presentan normalmente sólo una baja ductilidad (A₈₀: aproximadamente un 5 - 6 %). Para evitar un fallo en caso de colisión se construye por tanto en la práctica el espesor de chapa de elementos de construcción endurecidos en prensa en caliente por motivos de seguridad por regla general de manera claramente más grueso de lo que esto sería en realidad necesario considerando su resistencia.

Para aprovechar por un lado el potencial de construcción ligera de elementos de construcción de aceros del tipo en cuestión, sin embargo por otro lado garantizar también el comportamiento de deformación necesario en caso de colisión, se fabrican elementos de construcción de carrocería de los denominados "*tailored blanks*, aceros en bruto a medida". A este respecto se trata de llantones para chapa que están compuestos de recortes de distintas calidades de acero. Así se facilita para la fabricación de un montante B de una carrocería de turismos por ejemplo un "*tailored blank*", cuya zona asignada a la parte superior del montante B está compuesta de un acero 22MnB5. En la base de la zona asignada al montante B del *tailored blank* está prevista entonces una calidad de acero que presenta también tras el endurecimiento en prensa en caliente una ductilidad superior. Un acero que se tiene en cuenta para ello se conoce por la denominación H340LAD (número de material 1.0933).

También cuando mediante el uso de *tailored blanks* pueden conseguirse reducciones de peso esenciales con propiedades de uso al mismo tiempo optimizadas de los elementos de construcción fabricados a partir de esto, las zonas que están compuestas del material más dúctil deben tener en la zona crítica del respectivo elemento de construcción por regla general un espesor de chapa más alto para poder absorber en el funcionamiento normal cargas que pesan sobre el elemento de construcción. Esto tiene como consecuencia a su vez un peso correspondientemente más alto para todo el elemento de construcción.

Existe por tanto generalmente el deseo de fabricar elementos de construcción sumamente cargados, tal como se emplean en la construcción en particular en carrocerías de vehículos, a partir de un material de chapa de acero, en el que están combinadas altas resistencias con buenas propiedades de alargamiento.

Una primera dirección de desarrollo que cumpla este requerimiento se refiere a una optimización del procedimiento de fabricación. Así debe poder generarse, mediante una regulación de la velocidad de enfriamiento, una calidad de acero con estructura martensítica y alargamiento de rotura mejorado. Un ejemplo de este modo de proceder se describe en el documento EP 1 642 991 B1 y prevé una velocidad de enfriamiento alta y a continuación una más lenta hasta conseguir la temperatura de interrupción de la martensita. De esta manera se fabrica una martensita incluso revenida, que presenta un alargamiento de rotura mejorado. Una dirección de desarrollo alternativa consiste en la optimización del procedimiento para la fabricación de una calidad con estructura de múltiples fases por medio de la denominada "semiconformación en caliente". En este procedimiento se calienta el producto de acero plano que va conformarse para dar el elemento de construcción respectivo hasta una temperatura que se encuentra entre la temperatura A_{c1} y la temperatura A_{c3}, a la que el acero presenta una estructura de dos fases. Si el elemento de construcción así calentado se endurece en prensa en caliente, el elemento de construcción fabricado presenta tras

el enfriamiento, en comparación con elementos de construcción austenitizados de manera convencional y endurecidos, una proporción de martensita más baja y proporciones más altas de fases más dúctiles, tales como ferrita o austenita. Al mismo tiempo, los elementos de construcción tienen aún una resistencia comparativamente alta. Así se obtienen en elementos de construcción semiconformados en caliente resistencias a la tracción R_m de 800 - 1000 MPa con valores de alargamiento de rotura reducidos sólo de manera insignificante (A_{80} de aproximadamente el 10-20 %) en comparación con el estado de partida. Un procedimiento de este tipo se describe por ejemplo en el documento WO 2007/034063 A1.

La solicitud de patente WO 2008/102012 persigue un concepto comparativo, sin embargo con especial énfasis sobre la formación de un revestimiento aplicado para la protección frente a la corrosión. En este estado de la técnica se predetermina únicamente que la temperatura de calentamiento se encuentra por encima de la temperatura A_{c1} y debe seleccionarse considerando un posible crecimiento de grano y la evaporación del revestimiento a base de Zn del producto plano de acero, a partir del cual se conforma el elemento de construcción. El producto plano de acero procesado respectivamente está compuesto a este respecto según distintos conceptos de aleación. Así el respectivo acero puede contener (en % en peso) del 0,15 - 0,25 % de C, del 1, 0 - 1,5 % de Mn, del 0,1 - 0,35 % de Si, como máximo el 0,8 % de Cr, en particular del 0,1 - 0,4 % de Cr, como máximo el 0,1 % de Al, hasta el 0,05 % de Nb, en particular como máximo el 0,03 % de Nb, hasta el 0,01 % de N, del 0,01 - 0,07 % de Ti, < 0,05 % de P, en particular < 0,03 % de P, < 0,03 % de S, de > 0,0005 a < 0,008 % de B, en particular al menos el 0,0015 % de B, y como resto impurezas inevitables y hierro, aplicándose para el contenido de Ti que éste es en 3,4 veces mayor que el contenido de N.

Ante el fondo del estado de la técnica explicado anteriormente, el objetivo de la invención consistía en crear un acero, en el que se garantizara con alta fiabilidad que un elemento de construcción fabricado a partir del mismo tuviera respectivamente altos valores de resistencia y un elevado alargamiento de rotura. Igualmente deberían indicarse un producto plano de acero fabricado usando este acero, un elemento de construcción de acero fabricado a partir del mismo y un procedimiento adecuado para la fabricación de un elemento de construcción de acero de este tipo.

Con respecto al acero se ha conseguido este objetivo de acuerdo con la invención mediante un acero aleado de acuerdo con la reivindicación 1.

Con respecto al producto plano de acero se ha conseguido el objetivo mencionados anteriormente de acuerdo con la invención debido a que un producto plano de acero de este tipo está configurado de acuerdo con la reivindicación 6.

Con respecto al elemento de construcción de acero, la solución de acuerdo con la invención para el objetivo mencionado anteriormente consiste en que un elemento de construcción de acero de este tipo está configurado de acuerdo con la reivindicación 9.

Finalmente, el objetivo mencionado anteriormente con respecto al procedimiento para la fabricación de un elemento de construcción de acero se ha conseguido de acuerdo con la invención mediante un procedimiento indicado en la reivindicación 13.

Ciertas configuraciones ventajosas de la invención están indicadas en las reivindicaciones dependientes y se explican en particular a continuación como el objeto de las reivindicaciones independientes.

La invención parte del conocimiento de que mediante elección de una aleación adecuada y ajuste de una composición de estructura adecuada puede facilitarse un acero que tras una austenitización, conformación en caliente y endurecimiento presenta una alta resistencia de al menos 1000 MPa y un alargamiento de rotura A_{80} que se encuentra respectivamente de manera segura por encima del 6 %. El acero de acuerdo con la invención contiene para ello (en % en peso) del 0,15 - 0,40 % de C, del 1,0 - 2,0 % de Mn, del 0,2 - 1,6 % de Al, hasta el 1,4 % de Si, ascendiendo la suma de los contenidos de Si y Al a del 0,25 - 1,6 %, hasta el 0,10 % de P, del 0 - 0,03 % de S, hasta el 0,5 % de Cr, hasta el 1,0 % de Mo, hasta el 0,01 % de N, hasta el 2,0 % de Ni, del 0,012 - 0,04 % de Nb, hasta el 0,40 % de Ti, del 0,0015 - 0,0050 % de B así como hasta el 0,0050 % en peso de Ca y como resto hierro e impurezas inevitables.

Un producto plano de acero de acuerdo con la invención presenta de manera correspondiente a esto al menos una zona que está compuesta de un acero de acuerdo con la invención. Así puede configurarse un producto plano de acero de acuerdo con la invención como *tailored blank*, en el que se ha generado una zona de un acero de acuerdo con la invención, mientras que otra zona está fabricada de otro acero. La zona fabricada a partir del acero de acuerdo con la invención del *tailored blank* de acuerdo con la invención forma en el elemento de construcción acabado, fabricado a partir del producto plano de acero entonces una zona altamente resistente, en la que está combinada una alta resistencia con un buen alargamiento de rotura. Asimismo es posible lógicamente también fabricar un producto plano de acero de acuerdo con la invención en forma de un recorte para llantones dividido de una chapa de acero o banda de acero de manera uniforme a partir del acero de acuerdo con la invención. Un elemento de construcción fabricado a partir de un producto plano de acero de acuerdo con la invención de este tipo presenta entonces en cualquier punto la combinación ventajosa obtenida mediante la aleación de acero de acuerdo

con la invención de alta resistencia y buena ductilidad.

Un elemento de construcción de acero de acuerdo con la invención está caracterizado de manera correspondiente por que está compuesto al menos en una zona de un acero de acuerdo con la invención y por que su estructura en la zona del acero de acuerdo con la invención altamente resistente está compuesta de martensita, austenita y hasta el 20 % en superficie de ferrita.

En el transcurso de un procedimiento de acuerdo con la invención para la fabricación de un elemento de construcción de acero de acuerdo con la invención se facilita de manera correspondiente a esto en primer lugar un producto plano de acero de acuerdo con la invención. Este producto plano de acero se calienta entonces hasta una temperatura que asciende a 780 - 950 °C. La proporción de austenita se ajusta entonces hasta al menos el 80 % para generar tras la conformación en caliente un acero de acuerdo con la invención con una estructura que está compuesta de martensita, austenita y hasta el 20 % en superficie de ferrita. El tiempo de permanencia necesario para ello asciende normalmente a 2 - 10 minutos.

A continuación se transporta el producto plano de acero habitualmente a una herramienta de conformación en caliente para que allí se conforme en caliente. Para evitar durante el transporte un enfriamiento demasiado fuerte, el tiempo de transporte debería limitarse hasta 5 - 12 segundos. La propia conformación en caliente puede realizarse de manera en sí conocida como moldeo por presión.

A continuación de la conformación en caliente se enfría el elemento de construcción de acero rápidamente de modo que el elemento de construcción de acero obtenido tras el enfriamiento presenta una estructura que está compuesta de martensita, austenita y hasta el 20 % en superficie de ferrita. Las velocidades de enfriamiento necesarias habitualmente para ello se encuentran en el intervalo de al menos 25 °C/s. La conformación en caliente y el enfriamiento pueden realizarse a este respecto en una sola etapa o en dos etapas. En el caso de un endurecimiento con moldeo por presión en caliente de una sola etapa se realizan la conformación en caliente y el endurecimiento de una vez conjuntamente en una herramienta. Por el contrario, en el caso del procedimiento de dos etapas se realiza en primer lugar una conformación en frío (hasta el 100 %) y sólo a continuación la conformación en caliente definitiva incluyendo la generación de la estructura de endurecimiento.

Cuando el producto plano de acero respectivamente procesado se ha austenitizado en el intervalo de las temperaturas mencionadas anteriormente, el elemento de construcción creado de acuerdo con la invención presenta tras la conformación en caliente y el enfriamiento acelerado en la zona que está compuesta de un acero de acuerdo con la invención, una estructura que está caracterizada por una combinación de una fase dura (martensita) y al menos una fase más dúctil (austenita y ferrita). La proporción de ferrita está limitada a este respecto mediante la composición predeterminada de acuerdo con la invención del acero procesado al 20 % en superficie, dado que se prefieren una mejora de los valores de alargamiento y un aumento de la absorción de energía por medio de austenita. Mediante la combinación de martensita, austenita y como máximo el 20 % en superficie de ferrita se obtienen de manera eficaz las propiedades mecánica-tecnológicas de elementos de construcción de acuerdo con la invención por todo el intervalo de temperaturas de la austenitización realizada de acuerdo con la invención a 780 - 950 °C, en particular 850 - 950 °C.

La estabilidad de las propiedades mecánica-tecnológicas del elemento de construcción generado de acuerdo con la invención se garantiza mediante el concepto de análisis de acuerdo con la invención. La estructura de un elemento de construcción de acuerdo con la invención, que está compuesta de una combinación de fases duras (martensita) y dúctiles (austenita y ferrita) garantiza un comportamiento óptimo en caso de una carga por colisión. La transformación de fases de austenita en martensita, que se produce durante la deformación del elemento de construcción conformado en caliente, provoca un endurecimiento posterior del elemento de construcción cuando se deforma en caso de colisión con alta energía cinética.

De manera especialmente segura se consigue la combinación pretendida de acuerdo con la invención de alta resistencia, buen alargamiento de rotura y comportamiento de colisión óptimo en la zona de su zona altamente resistente cuando en un elemento de construcción de acuerdo con la invención el contenido de martensita de la estructura en la respectiva zona altamente resistente asciende a al menos el 75 % en superficie. El alargamiento de rotura alto requerido puede garantizarse debido a que el contenido de austenita de la estructura del elemento de construcción de acuerdo con la invención asciende al menos al 2 % en superficie.

La resistencia a la tracción de un elemento de construcción fabricado a partir del acero de acuerdo con la invención debe encontrarse en la zona de su zona altamente resistente no por debajo de 1000 MPa. Para que se obtenga la dureza martensítica necesaria para este fin, la aleación de acero de acuerdo con la invención contiene un contenido de C de al menos el 0,15 % en peso. Para garantizar simultáneamente una idoneidad de exudación suficiente para la práctica, el contenido de C del acero de acuerdo con la invención está limitado hacia arriba en el 0,4 % en peso.

En cuanto al ajuste de acuerdo con la invención de la estructura tienen una especial importancia los elementos de aleación Mn, Si y Al de un acero usado de acuerdo con la invención, dado que éstos estabilizan la austenita a temperatura ambiente.

El Mn existente con contenidos de al menos el 1,0 % en peso en el acero de acuerdo con la invención sirve como formador de austenita, reduciendo la temperatura A_{c3} del acero. El resultado es una estructura tras la conformación en caliente está compuesta esencialmente de austenita y martensita. Para garantizar al mismo tiempo una idoneidad de exudación óptima para el respectivo uso, está limitado el contenido de Mn a como máximo el 2 % en peso.

El silicio está presente en el acero de acuerdo con la invención con contenidos de hasta el 1,4 % en peso. Éste influye en la templabilidad y sirve durante la fundición del acero del elemento de construcción de acuerdo con la invención como agente de desoxidación. Al mismo tiempo, Si aumenta el límite de fluencia, estabiliza la ferrita y la austenita a temperatura ambiente e impide una deposición de carburo indeseada en la austenita durante el enfriamiento. Un contenido de Si demasiado alto origina sin embargo defectos de superficie. Por tanto, el contenido de Si de un acero de acuerdo con la invención está limitado al 1,4 % en peso.

El aluminio contribuye en el acero de acuerdo con la invención al igual que Si a la estabilización de la ferrita y de la austenita a temperatura ambiente y provoca un control de tamaño de grano. Estos efectos se consiguen de manera segura cuando los contenidos de Al están limitados de manera de acuerdo con la invención al 0,2 - 1,6 % en peso, favoreciendo los contenidos de Al de al menos un 0,4% en peso especialmente las propiedades de un elemento de construcción de acuerdo con la invención. Mediante un contenido de Al que se encuentra por encima del 0,4 % en peso se suprime la formación de carburo durante el tratamiento térmico y se estabiliza así la proporción en austenita prevista de acuerdo con la invención de preferentemente al menos el 2 % en superficie en la estructura conformada en caliente.

Debido a la constelación de fases de acuerdo con la invención se consigue una reducción de la dispersión de las propiedades mecánicas de un acero de acuerdo con la invención tras su austenitización, conformación en caliente y enfriamiento. Sorprendentemente se ha mostrado en el presente documento que las propiedades mecánicas de un elemento de construcción generado de acuerdo con la invención pueden conseguirse con alta fiabilidad por medio de un intervalo de temperaturas comparativamente grande de las temperaturas, a las que se calientan los productos planos de acero en su procesamiento de acuerdo con la invención. Así, a pesar de las tolerancias que se producen inevitablemente en la práctica, en el ajuste de la respectiva temperatura de calentamiento pueden garantizarse las propiedades pretendidas de los elementos de construcción de acuerdo con la invención con alta seguridad y estabilidad del resultado de trabajo.

Ciertas influencias negativas sobre la calidad de la superficie, que podrían tener Si y Al, se evitan debido a que la suma de los contenidos de Al y Si de un acero de acuerdo con la invención o de un elemento de construcción fabricado a partir del mismo está limitada al 0,25 - 1,6 % en peso. Para aprovechar especialmente de manera segura simultáneamente las influencias positivas de la presencia combinada de Al y Si, la suma de los contenidos de Al y Si de un elemento de construcción de acero de acuerdo con la invención puede aumentar hasta al menos el 0,5 % en peso.

Puede estar presente Mo en un acero de acuerdo con la invención en contenidos de hasta el 1,0 % en peso. La presencia de Mo promueve la formación de martensita y mejora la tenacidad del acero. Un contenido de Mo demasiado alto puede originar sin embargo formación de grietas en frío.

Mediante adición de Cr en contenidos de hasta el 0,5 % en peso a la aleación de un acero de acuerdo con la invención puede aumentar la templabilidad. Sin embargo, el contenido de Cr no debería encontrarse más alto, para evitar defectos de la superficie. De manera segura pueden conseguirse estos efectos cuando el contenido de Cr está limitado al 0,1 % en peso.

Puede añadirse mediante aleación P en contenidos de hasta el 0,10 % en peso para aumentar del límite de fluencia y con ello para garantizar las propiedades mecánicas. Un contenido de P demasiado alto perjudica sin embargo la ductilidad y la tenacidad de un acero proporcionado de acuerdo con la invención.

El Ti en contenidos de hasta el 0,40 % en peso aumenta el límite de fluencia tanto de manera disuelta como mediante formación de precipitados (por ejemplo de nitruros de carbono de Ti). Ti separa N para dar TiN y promueve así la actividad de B con respecto al comportamiento de transformación. Este efecto puede garantizarse debido a que el contenido de Ti del acero de acuerdo con la invención cumple la condición

$$\% \text{ de Ti} - (3,42 \times \% \text{ de N}) > 0,005 \% \text{ en peso}$$

en la que con % de Ti se designa su respectivo contenido de Ti y con % de N su respectivo contenido de N.

Mediante el 0,0010 - 0,0050 % en peso de B se mejora la templabilidad de un acero de acuerdo con la invención mediante retardo de la transformación de ferrita durante el enfriamiento hacia tiempos de transformación más largos. Al mismo tiempo, el boro existente en el acero de acuerdo con la invención estabiliza las propiedades mecánicas para un intervalo de temperatura amplio del proceso de conformación en caliente. Hasta el 0,01 % en peso de N estabiliza la austenita y aumenta el límite de fluencia de un acero de acuerdo con la

invención. Siempre que el nitrógeno existente en el acero aleado de acuerdo con la invención no esté completamente separado de Ti, éste reacciona en combinación con boro para dar nitruros de boro. Estos nitruros de boro provocan un afinado de grano de la estructura de partida y con ello un afinado de la estructura conformada en caliente martensítica. Como resultado se reduce así la propensión a grietas de un acero procesado de acuerdo con la invención. Al mismo tiempo, los nitruros de boro contribuyen esencialmente al aumento de la resistencia del acero de acuerdo con la invención.

Si debe usarse N en combinación con B mediante formación de nitruros de boro para el afinado de grano y aumento de la resistencia, puede ajustarse el contenido de N necesario para ello, no unido a Ti, debido a que en el caso de que para su contenido de Ti se aplique

$$\% \text{ de Ti} - (3,42 \times \% \text{ de N}) \leq 0,005 \% \text{ en peso,}$$

se cumple la condición

$$0,0015 \leq \% \text{ de N} - \% \text{ de Ti}/3,42 \leq 0,0060 \% \text{ en peso}$$

en la que con % de Ti se designa su respectivo contenido de Ti y con % de N su respectivo contenido de N.

La adición adicional de Nb en contenidos del 0,012 - 0,04 % en peso favorece en un acero aleado de acuerdo con la invención la combinación de altos valores de resistencia a la tracción con elevado alargamiento de rotura, lo que da como resultado en total un aumento de la capacidad de absorción de energía de elementos de construcción de acero proporcionados de acuerdo con la invención. El Nb aumenta en el acero compuesto de acuerdo con la invención el límite de fluencia por medio de eliminación de carburo y provoca mediante afinado de grano de austenita una estructura de martensita fina, que presenta una alta estabilidad con respecto a la extensión de grietas. Además, los precipitados de Nb pueden actuar como trampas de hidrógeno, de manera que puede reducirse la propensión con respecto a la formación de grietas inducida por hidrógeno.

El Ni en contenidos de hasta el 2,0 % en peso contribuye al aumento del límite de fluencia y del alargamiento de rotura.

El contenido de S del acero de un elemento de construcción de acuerdo con la invención está limitado a como máximo el 0,03 % en peso, ya que S tiene una influencia muy negativa sobre la capacidad de exudación y las posibilidades del ennoblecimiento de la superficie. También debe impedirse mediante esta limitación la formación de precipitados de MnS perjudiciales, alargados.

Puede añadirse Ca al acero de acuerdo con la invención en contenidos de hasta el 0,0050 % en peso, para provocar un control del moldeo con sulfuro. Así en presencia de Ca en el transcurso de la laminación se forman sulfuros de Ca que, a diferencia de los precipitados de MnS alargados que se producen posiblemente de otro modo, favorecen una isotropía superior de las propiedades del acero de acuerdo con la invención.

El elemento de construcción de acero de acuerdo con la invención puede estar revestido en su superficie libre con un revestimiento de protección frente a la oxidación. Éste está presente preferentemente ya sobre el producto plano de acero, a partir del cual se conforma en caliente el elemento de construcción. El revestimiento de protección puede estar diseñado a este respecto de modo que éste protege contra la formación de escamas durante el calentamiento y la conformación en caliente y/o la corrosión durante el procesamiento o en el uso práctico. Para ello pueden usarse revestimientos de base metálica, orgánica o inorgánica así como combinaciones de estos revestimientos.

El revestimiento del producto plano de acero puede realizarse mediante procedimientos convencionales. Se prefiere un ennoblecimiento de la superficie en el procedimiento de revestimiento por inmersión en baño fundido. Los revestimientos metálicos opcionalmente aplicados se basan en los sistemas Zn, Al, Zn-Al, Zn-Mg, Al-Mg, Al-Si y Zn-Al-Mg y sus impurezas que no pueden evitarse. Los revestimientos a base de Al-Si han dado especialmente buen resultado a este respecto.

Para la mejora de la calidad de la superficie y la unión del revestimiento a la superficie de acero puede conectarse previamente al procedimiento de revestimiento por inmersión en baño fundido ventajosamente una oxidación previa. A este respecto se genera sobre el producto plano de acero de manera dirigida una capa de óxido, que es de 10 - 1000 nm de espesor, dando como resultado calidades de revestimiento especialmente buenas cuando la capa de óxido es de 70 - 500 nm de espesor. El ajuste de los espesores de capa de óxido se realiza en una cámara de oxidación, tal como se conoce por ejemplo por el documento WO 2007/124781 A1. Antes de la inmersión en la masa fundida o antes de un ennoblecimiento de la superficie se reduce la capa de óxido de hierro mediante hidrógeno de la atmósfera de recocido. A este respecto pueden encontrarse en la superficie así como hasta una profundidad de 10 µm óxidos de los elementos de aleación.

Además es posible recocer el producto plano de acero procesado de acuerdo con la invención en instalaciones de recocido continuas o en una instalación de campana para recocer y por medio de una instalación de ennoblecimiento de la superficie fuera de línea conectada posteriormente. Para ello pueden usarse procedimientos distintos.

5 Es especialmente adecuado el revestimiento electrolítico para la aplicación del respectivo revestimiento. A este respecto aparecen resultados especialmente buenos cuando se usan como material de revestimiento sistemas de Zn, ZnFe, ZnMn, ZnNi o su combinación.

10 Sin embargo es también posible aplicar el revestimiento mediante procedimientos de revestimiento PVD (PVD.= *Physical Vapour Deposition*) o CVD (CVD= *Chemical Vapour Deposition*). Asimismo puede ser conveniente una deposición sin corriente o química de revestimientos (de aleaciones) metálicos a base de Zn, Zn-Ni, Zn-Fe así como sus combinaciones así como revestimientos orgánicos / organometálicos / inorgánicos en instalaciones de revestimiento con cintas en el procedimiento de revestimiento de banda en rollo, de inyección o de inmersión. Los
15 espesores típicos de los revestimientos que pueden generarse con los procedimientos descritos en el presente documento se encuentran en el intervalo de 1 - 15 μm .

A continuación se explica la invención en más detalle por medio de ejemplos de realización.

20 A partir de aceros E1 - E6, cuyas composiciones están indicadas en la tabla 1, se han generado de manera convencional chapas de acero laminadas en frío. De estas chapas de acero se ha dividido respectivamente un número mayor de llantones para chapa, que estaban compuestos de manera homogénea del respectivo acero E1 - E6.

25 Para la comparación se ha generado de manera correspondiente a partir de acero de comparación V con una composición indicada igualmente en la tabla 1 una chapa de acero y de esta chapa de acero se ha dividido un número mayor de llantones para chapa, que estaban compuestos igualmente de manera homogénea del acero de comparación V.

30 Los llantones que están compuestos de los aceros E1 - E6 y V se han calentado en el estado no revestido respectivamente hasta una temperatura que se encuentra en el intervalo de 880 - 925 °C, a continuación se han introducido en una herramienta de conformación en caliente y entonces se han deformado en caliente para dar un elemento de construcción. Tras la conformación en caliente, los elementos de construcción conformados en caliente respectivamente a partir de los llantones se han enfriado respectivamente con una velocidad de enfriamiento que
35 asciende a al menos 25 °C/s tan rápido hasta temperatura ambiente que se han formado en los mismos estructuras duras. Tras el propio acondicionamiento de conformación en caliente se han sometido las muestras adicionalmente a un tratamiento de lacado por inmersión catódico incluyendo un tratamiento de secado al horno que dura 20 minutos a 170 °C.

40 Para los elementos de construcción obtenidos se han determinado las propiedades mecánicas límite de alargamiento $R_{p0,2}$, resistencia a la tracción R_m y alargamiento A_{80} . Los valores determinados respectivamente de $R_{p0,2}$, R_m y A_{80} así como las correspondientes desviaciones estándar $\sigma R_{p0,2}$, σR_m y σA_{80} están indicadas en la tabla 2 para los elementos de construcción de acero generados a partir de los aceros E1 - E6 y V. Además están registrados en la tabla 2 para los elementos de construcción de acero que están compuestos de los aceros E1 - E6 y
45 V el producto de resistencia a la tracción R_m y alargamiento A_{80} así como el resultado de un ensayo de flexión de 3 puntos, en el que las respectivas probetas se han colocado sobre dos soportes dispuestos de manera distanciada uno con respecto a otro y en el centro se han cargado con un punzón de prueba. En el caso de la denominada "absorción de energía en el ensayo de flexión de 3 puntos" respectivamente se trata de la absorción de energía hasta la ruptura. Igualmente están mencionados en la tabla 2 las composiciones de estructuras para los elementos
50 de construcción fabricados a partir de los aceros E1, E2 y V.

Se muestra que los elementos de construcción que están compuestos de los aceros E1 - E6 de acuerdo con la invención tienen una capacidad de deformación residual generalmente alta, caracterizada por un valor alto del producto de resistencia a la tracción R_m y alargamiento A_{80} y alta capacidad de absorción de energía que acompaña
55 a esto. Al mismo tiempo, los resultados de los ensayos muestran que pueden reproducirse las propiedades mecánicas $R_{p0,2}$, R_m y A_{80} de los elementos de construcción generados a partir de los aceros E1 - E6 de acuerdo con la invención con una fiabilidad claramente más alta, caracterizada por valores bajos de la respectiva desviación estándar, que en el caso con los elementos de construcción generados a partir del acero de comparación V.

Tabla 1 (datos en % en peso)

Acero	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Mo	N	Ni	Nb	Ti	B	Ca
E1	0,217	0,39	1,63	0,003	<0,001	1,08	0,038	0,0016	0,0011	0,014	0,025	0,036	0,0030	<0,001
E2	0,217	0,41	1,64	0,005	0,002	0,62	0,027	0,0016	0,0023	0,008	0,029	0,022	0,0024	<0,001
E3	0,205	0,203	1,64	≤0,10	≤0,10	0,690	<0,1		0,0041		0,012	0,0010	0,0029	<0,001
E4	0,211	0,203	1,65	≤0,10	≤0,10	0,662	<0,1		0,0024		0,013	0,0020	0,0032	<0,001
E5	0,237	0,48	1,74	0,012	0,001	0,93	0,039	0,002	0,0023	0,012	0,027	0,033	0,0026	0,0019
E6	0,352	0,25	1,26	0,013	0,002	0,25	0,12	0,002	0,0044	0,015	0,012	0,028	0,0026	0,0011
V	0,214	0,14	1,62	0,005	0,002	1,386	0,086	<0,002	0,0015	0,006	0,006	0,0030	0,0004	<0,001

Tabla 2

Acero	R _{p0,2} [MPa]	σ _{Rp0,2} [MPa]	R _m [MPa]	σ _{Rm} [MPa]	A ₈₀ [%]	σA ₈₀ [%]	R _m x A ₈₀ [MPa x %]	Absorción de energía en el ensayo de flexión de 3 puntos [J]	Ferrita [% en superficie]	Austenita [% en superficie]	Martensita [% en superficie]
E1	966	81	1467	29	8,5	1,1	12470	80,4	10	4	86
E2	1225	12	1525	5	8,1	0,4	12353	83,3	0	3	97
E3	1128	22	1443	8	6,7	0,6	10101	73	0	2	98
E4	1156	32	1479	12	6,5	0,5	10353	74	0	2	98
E5	1162	91	1558	24	7,1	0,5	11062	77,4	1	3	96
E6	1393	23	1864	19	4,2	0,9	7829	60,8	0	2	98
V1	688	121	1231	55	9,6	2,6	11818	83,3	22	3	75

REIVINDICACIONES

1. Acero para la fabricación de un elemento de construcción de acero mediante conformación en caliente con endurecimiento posterior, que contiene (en % en peso)

C:	0,15	- 0,40 %,
Mn:	1,0	- 2,0 %,
Al:	0,2	- 1,6 %,
Si:	0	- 1,4 %,
suma de los contenidos de Si y Al: 0,25 - 1,6 %,		
P:	0	- 0,10 %,
S:	0	- 0,03 %,
Cr:	0	- 0,5 %,
Mo:	0	- 1,0 %,
N:	0	- 0,01 %,
Ni:	0	- 2,0 %,
Nb:	0,012	- 0,04 %,
Ti:	0	- 0,40 %,
B:	0,0010	- 0,0050 %,
Ca:	0	- 0,0050 %,
resto hierro e impurezas inevitables.		

2. Acero según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la suma de sus contenidos de Al y Si asciende al menos al 0,5 % en peso.

3. Acero según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** su contenido de Al asciende al menos al 0,4 % en peso.

4. Acero según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** su contenido de Ti cumple la condición

$$\% \text{ de Ti} - (3,42 \times \% \text{ de N}) > 0,005 \% \text{ en peso}$$

en la que con % de Ti se designa su respectivo contenido de Ti y con % de N, su respectivo contenido de N.

5. Acero según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** en el caso de que para su contenido de Ti se aplique

$$\% \text{ de Ti} - (3,42 \times \% \text{ de N}) \leq 0,005 \% \text{ en peso},$$

se cumple la condición

$$0,0015 \leq \% \text{ de N} - \% \text{ de Ti}/3,42 \leq 0,0060 \% \text{ en peso}$$

en donde con % de Ti se designa su respectivo contenido de Ti y con % de N, su respectivo contenido de N.

6. Producto plano de acero para la fabricación de un elemento de construcción de acero, **caracterizado por que** presenta al menos una zona que está compuesta de acero altamente resistente, obtenido de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5.

7. Producto plano de acero según la reivindicación 6, **caracterizado por que** está compuesto de manera homogénea del acero altamente resistente.

8. Producto plano de acero según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** al menos una de sus superficies está revestida con un revestimiento de protección frente a la oxidación.

9. Elemento de construcción de acero fabricado a partir de un producto plano de acero obtenido de acuerdo con una de las reivindicaciones 6 a 8, estando compuesta su estructura en la zona del acero altamente resistente, obtenido de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, de martensita, austenita y hasta el 20 % en superficie de ferrita.

10. Elemento de construcción de acero según la reivindicación 9, **caracterizado por que** en la zona del acero altamente resistente el contenido de martensita de su estructura asciende a al menos el 75 % en superficie.

11. Elemento de construcción de acero según una de las reivindicaciones 9 o 10, **caracterizado por que** en la zona del acero altamente resistente el contenido de austenita de su estructura asciende a al menos el 2 % en superficie.

12. Elemento de construcción de acero según una de las reivindicaciones 9 a 11, **caracterizado por que** su superficie está revestida con un revestimiento de protección frente a la oxidación.

5 13. Procedimiento para la fabricación de un elemento de construcción de acero obtenido de acuerdo con una de las reivindicaciones 9 a 12 que comprende las siguientes etapas de trabajo:

- 10
- facilitar un producto plano de acero configurado de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 a 9,
 - calentar el producto plano de acero hasta una temperatura que asciende a 780 - 950 °C,
 - conformar en caliente el producto plano de acero para obtener el elemento de construcción de acero,
 - enfriar de manera acelerada el elemento de construcción de acero, de modo que el elemento de construcción de acero obtenido tras el enfriamiento presenta al menos en la zona del acero altamente resistente una estructura que está compuesta de martensita, austenita y hasta el 20 % en superficie de ferrita.

15 14. Procedimiento según la reivindicación 13, **caracterizado por que** la velocidad de enfriamiento durante el enfriamiento del elemento de construcción de acero asciende al menos a 25 °C/s.