

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 674 133**

51 Int. Cl.:

**C22C 38/00** (2006.01)

**C22C 38/16** (2006.01)

**C21D 1/18** (2006.01)

**C21D 1/26** (2006.01)

**C21D 6/00** (2006.01)

**C22C 38/04** (2006.01)

**C22C 38/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.12.2014** **E 14195644 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.04.2018** **EP 3029162**

54 Título: **Procedimiento para el tratamiento térmico de un producto de manganeso-acero**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**27.06.2018**

73 Titular/es:

**VOESTALPINE STAHL GMBH (100.0%)**  
**Voestalpine-Strasse 3**  
**4020 Linz, AT**

72 Inventor/es:

**SAMEK, LUDOVIC;**  
**FÜREDER-KITZMÜLLER, FRIEDRICH;**  
**ARENHOLZ, ENNO y**  
**KÜRNSTEINER, PHILIPP**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 674 133 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

Procedimiento para el tratamiento térmico de un producto de manganeso-acero

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para el tratamiento térmico de un producto de manganeso-acero, el cual se denomina aquí también como producto de contenido medio de manganeso-acero. Se trata también de una aleación especial de un producto de manganeso y acero, el cual puede tratarse térmicamente en el marco de un procedimiento especial.

Tanto la composición, la correspondiente aleación, así como también el tratamiento térmico en el proceso de producción, tienen una clara influencia en las propiedades de los productos de acero.

10 Es conocido que en el marco de un tratamiento térmico, el calentamiento, el mantenimiento y el enfriamiento pueden tener una influencia en la estructura final de un producto de acero. Además de ello, tal como ya se ha indicado, tiene una gran importancia además de ello también la composición de la aleación del producto de acero. Las relaciones termodinámicas y de tecnología de materiales son en los aceros aleados muy complejas y dependen de muchos parámetros.

15 Del documento DE 103 32 722 B3 se conocen aleaciones de acero de alta resistencia como material para la producción de asientos de resorte para brazos amortiguadores de vehículos de motor y procedimientos para su producción. Dependiendo de la aleación de acero se transforman pletinas en frío o en caliente dando lugar a asientos de resorte y se templean en líquido o al aire.

Ha podido verse que mediante una combinación de diferentes fases y microestructuras en la estructura de un producto de acero puede influirse en las propiedades mecánicas y en la capacidad de deformación.

20 En dependencia de la composición y del tratamiento térmico pueden configurarse en productos de acero, entre otras, fases ferrítica, perlítica, de austenita retenida (conocido también como "*retained austenite*"), de martensita templada (conocida también como "*tempered martensite*"), fases martensíticas y microestructuras de bainita. Las propiedades de las aleaciones de acero dependen entre otras, de las proporciones de las diferentes fases, microestructuras y de su disposición estructural en la observación microscópica.

25 Cada una de estas fases y microestructuras tiene diferentes propiedades. Las aleaciones de acero, las cuales presentan varias de estas fases y microestructuras, pueden tener por lo tanto propiedades mecánicas claramente diferentes.

30 En dependencia del perfil requerido específico se usan por ejemplo en la construcción de automóviles diferentes aceros. Hace varias décadas se usaban en el sector del automóvil para la construcción de carrocerías habitualmente aceros de embutición profunda (por ejemplo, acero IF), que bien es cierto tenían una buena capacidad de deformación, pero presentaban solo una resistencia reducida en el intervalo de 120 – 400 N/mm<sup>2</sup>. IF significa "*interstitial free*", es decir, este acero IF tiene un contenido solo reducido de elementos de aleación, los cuales están integrados en puntos intersticiales.

35 Un componente significativo de las aleaciones de acero actuales es el manganeso (Mn). La proporción de manganeso en el porcentaje en peso se encuentra en este caso a menudo en el intervalo de entre 2,5 y 12 %. Se trata por lo tanto de aceros de contenido medio en manganeso, que se denominan también como aceros de contenido de manganeso medio. Estos aceros de contenido medio en manganeso se caracterizan típicamente por una estructura, la cual consiste en una matriz ferrítica, martensítica y austenítica. En esta matriz hay integrada como segunda o como tercera fase predominantemente austenita en los límites de grano. La austenita tiene un efecto de aumento de la resistencia. La proporción de martensita se encuentra en el caso de aceros de contenido medio en manganeso habitualmente en como máximo un 80-90 % en volumen. Mediante esta combinación de estructuras ambivalente el acero de contenido medio en manganeso presenta un límite de elasticidad relativamente bajo y de esta manera ventajoso para el proceso de transformación, con una alta resistencia a la tracción.

40 En la Fig. 1 se muestra un diagrama clásico muy esquematizado, en el cual se representa el alargamiento de rotura (llamado en inglés *Elongation*) en porcentaje (llamado también ductilidad) en relación con la resistencia a la tracción en MPa. La resistencia a la tracción en MPa permite una información sobre el límite de elasticidad más bajo de un material. El diagrama de la Fig. 1 permite una visión general de las clases de resistencia de los materiales de acero que se usan actualmente. Tiene validez en general la siguiente afirmación: cuanto más alto es el límite de elasticidad de una aleación de acero, más bajo es el alargamiento de rotura de esta aleación. Expresado de manera más sencilla, puede comprobarse que el alargamiento de rotura se reduce al aumentar la resistencia a la tracción y a la inversa. Ha de encontrarse por lo tanto para cada uno un compromiso óptimo entre el alargamiento de rotura y la resistencia a la tracción. De la Fig. 1 se desprenden informaciones sobre la relación entre la resistencia y la capacidad de transformación de los diferentes materiales de acero.

55 En la zona, la cual está indicada con la referencia 1, se resumen esquemáticamente los aceros de contenido medio en manganeso que ya se han mencionado. La zona indicada con la referencia 1 comprende aceros de contenido medio en manganeso con una proporción de Mn de entre 3 y 7 % en peso y con una proporción de carbono de entre

0,05 y 0,1 % en peso.

5 Los aceros con contenido medio en manganeso convencionales son de producción laboriosa, dado que se someten a un tratamiento térmico de 2 pasos. Para aumentar la resistencia a la tracción en los aceros con contenido medio en manganeso (por ejemplo, de 950 MPa a 1250 MPa), estos aceros se alean por ejemplo con manganeso, para obtener una fase martensítica. Desafortunadamente ello implica simultáneamente una elasticidad claramente reducida. Un acero con contenido medio en manganeso con una resistencia a la tracción mayor, de por ejemplo 1200 MPa, tiene típicamente una elasticidad la cual se encuentra solo entre el 2 y el 8 %.

10 Los aceros TRIP se indican con la referencia 2 y los llamados aceros HD llevan la referencia 3. TRIP significa en inglés "*Transformation Induced Plasticity*" (plasticidad inducida por transformación). HD significa *High Ductility* (alta ductilidad).

15 En el sector automovilístico se trabaja con una serie de aleaciones de acero diferentes, las cuales se optimizaron correspondientemente de manera especial para su correspondiente ámbito de uso en el vehículo. En el caso de paneles interiores y exteriores, de piezas estructurales y de parachoques se usan aleaciones, las cuales presentan una buena absorción de energía. Los paneles de acero para el revestimiento exterior de un vehículo son relativamente "blandos" y tienen por ejemplo un límite de elasticidad de por debajo de 140 MPa. Este tipo de aleaciones tienen una resistencia a la tracción más baja y un alargamiento de rotura más alto. Las aleaciones de acero de los parachoques tienen por ejemplo un alargamiento de rotura en el intervalo de entre 600 y 1000 MPa. Para ello se adecuan por ejemplo los aceros TRIP (referencia 2 en la Fig. 1).

20 En el caso de barreras de acero (por ejemplo para la protección frente al impacto lateral), que en caso de un accidente han de impedir la entrada de partes del vehículo, se usan aleaciones de acero, las cuales presentan una alta resistencia a la tracción, de habitualmente más de 1000 MPa. En este caso se adecua por ejemplo la nueva generación de aceros AHSS HD de alta resistencia. AHSS HD significa en inglés "*Advanced High-Strength Steels High Ductility*" (Aceros avanzados de alta resistencia alta ductilidad).

25 Estos aceros AHSS HD tienen por ejemplo una proporción media de manganeso en el intervalo de entre 1,2 y 3,5 % en peso y una proporción de carbono (C), la cual se encuentra entre 0,05 y 0,25 % en peso.

Puede verse a modo de indicación mediante las explicaciones de introducción, que las relaciones son muy complejas y que habitualmente solo pueden alcanzarse propiedades ventajosas por un lado, cuando se consideran renuncias por otro lado.

30 Pueden darse sobre todo en el caso de los productos de acero modernos de la tercera generación, problemas en la transformación. Es desventajoso entre otras cosas, que los aceros con contenido de martensita requieren durante el laminado en frío fuerzas de laminación relativamente altas. Además de ello en el caso de aceros con contenido de martensita pueden formarse grietas durante el laminado en frío.

35 Se confirma una y otra vez la valoración por parte de expertos, los cuales hacen hincapié en que en el caso de aleaciones de acero, las cuales presentan una alta resistencia a la tracción, ha de renunciarse a un alargamiento de rotura útil.

Se presenta por lo tanto la tarea de crear un procedimiento para bonificar por recocido (tratar térmicamente), así como productos de acero producidos correspondientemente, los cuales tengan una alta resistencia a la tracción y cuyo alargamiento de rotura sea adecuado para el uso en el sector del automóvil y en otros ámbitos, en los cuales sea importante la capacidad de transformación de los productos de acero.

40 Los productos de acero de la invención han de tener de manera preferente una resistencia a la tracción  $R_m$  (llamada también resistencia mínima), la cual sea claramente mayor a 1200 MPa. De manera preferente la resistencia a la tracción ha de ser incluso superior a 1400 MPa. El alargamiento de rotura mínimo ( $A_{80}$ ) ha de ser de 10 % - 20 %.

Los productos de acero de la invención han de permitir de manera preferente una capacidad de mecanizado mediante procedimiento de embutición profunda.

45 Según la invención se pone a disposición mediante una combinación de conceptos de procedimiento y de aleación un producto de acero multifase con una estructura ultrafina y con una capacidad de transformación mecánica buena.

50 La aleación de los productos de acero de la invención presenta según la invención un contenido de manganeso medio, lo cual significa que la proporción de manganeso se encuentra en el intervalo de 3,5 % en peso  $\leq Mn \leq 6$  % en peso. La proporción de manganeso se encuentra preferentemente en todas las formas de realización en el intervalo de 4 % en peso  $\leq Mn \leq 6$  % en peso.

Los productos de acero multifase de la invención forman un sistema heterogéneo o una estructura heterogénea.

Para entender las relaciones y para poder poner a disposición una aleación adecuada, así como un procedimiento especial para el tratamiento térmico, se sometieron numerosas muestras a pruebas de rayos X, a pruebas TEM, a pruebas EBSD y también a pruebas de microscopio de luz.

5 Los productos de acero de la invención presentan según la invención preferentemente una microestructura, la cual comprende austenita, bainita, así como martensita y una proporción claramente reducida de ferrita. La fase de ferrita es en comparación con la fase de bainita relativamente blanda. El reemplazo de la fase o de la matriz de ferrita blanda por una fase de bainita más fuerte y fina (nano tamaño) posibilita poner a disposición un producto de acero, el cual tiene unas propiedades excelentes. El reemplazo de la fase o de la matriz de ferrita por bainita conduce sobre  
10 todo a un aumento notable de las propiedades de expansión de orificio.

Los productos de acero de la invención presentan según la invención de manera preferente en todas las formas de realización una proporción de una microestructura bainítica, la cual es notablemente mayor al 5 % en volumen del producto de acero. La proporción de la microestructura bainítica se encuentra de manera particularmente preferente en el intervalo de entre 10 a 80 % en volumen. Ha resultado ser particularmente ventajosa una proporción de la microestructura bainítica en el intervalo de 20 a 40 % en volumen.  
15

La estructura bainítica se caracteriza de manera particularmente preferente porque tiene una estructura muy fina y no comprende o solo comprende muy poco carburo.

La proporción de resto de austenita es en todas las formas de realización de manera preferente claramente menor al 30 % en volumen. Son preferentes las formas de realización en las cuales la proporción de resto de austenita es de  
20 menos del 10 % en volumen.

Los productos de acero de la invención presentan según la invención de manera preferente al menos en proporción estructuras o zonas con microestructura austenítica. La proporción de la microestructura austenítica se encuentra de manera preferente en todas las formas de realización en el intervalo de 5 a 20 % en volumen del producto de acero.

Los productos de acero de la invención presentan según la invención preferentemente en una proporción granos de austenita, los cuales están distribuidos isotrópicamente (es decir, independientemente de la dirección) en la estructura de los productos de acero. La proporción en volumen de los granos de austenita es de manera preferente en todas las formas de realización de menos del 5 %. El tamaño de los granos de austenita es preferentemente en todas las formas de realización de menos de 1  $\mu\text{m}$ .  
25

Los productos de acero de la invención presentan según la invención de manera preferente en todas las formas de realización una proporción de martensita, la cual es menor que en otras aleaciones de acero, cuya resistencia a la tracción se encuentra en el intervalo por encima de 1000 MPa. La proporción de martensita se encuentra habitualmente en el caso de aleaciones de acero de alta resistencia a la tracción conocidas, en 80 – 90 % en volumen. Si bien esta proporción de martensita baja hace esperar influencias negativas, las propiedades mecánicas y la capacidad de embutición profunda del producto de acero según la invención son inesperadamente buenas. La resistencia a la tracción  $R_m$  de los productos de acero según la invención en el intervalo de 1400 MPa es claramente mayor a la resistencia a la tracción, la cual puede ofrecer una aleación de acero con una proporción de martensita de tamaño convencional.  
30  
35

La microestructura de los productos de acero según la invención se caracteriza porque la proporción de martensita comparativamente baja se representa en forma de martensita en forma de listón. Puede verse que estos listones martensíticos finos tienen un efecto positivo en la resistencia a la tracción de la invención.  
40

Los productos de acero de la invención presentan según la invención una proporción de estructuras o zonas con ferrita. La proporción de estas estructuras o zonas se encuentra de manera preferente en todas las formas de realización en el intervalo de por debajo de 50 % en volumen del producto de acero. La proporción en volumen de la fase de ferrita se encuentra entre un 15 y un 30 %, formando la fase de ferrita una rejilla KRZ (KRZ se refiere a centrado en espacio cúbico, del alemán *kubischraumzentriert*) y presentando una densidad de desplazamiento reducida. Los granos de la fase ferrítica presentan habitualmente una extensión ligeramente anisotrópica.  
45

La proporción de carbono de los productos de acero de la invención es en general más bien baja. Es decir, la proporción de carbono se encuentra en la invención en el intervalo de 0,02 % en peso  $\leq C \leq 0,35$  % en peso. Son particularmente preferentes las formas de realización en las cuales la proporción de carbono se encuentra en uno de los siguientes intervalos  
50

- a.  $0,05\% \leq C \leq 0,22\%$  en peso, o
- b.  $0,09\% \leq C \leq 0,18\%$  en peso.

Según la invención la aleación de los productos de acero comprende proporciones de Al y de Si. La proporción de Al más Si se encuentra de manera preferente en todas las formas de realización en el intervalo de  $\leq 4$  % en peso. De manera preferente tiene validez la siguiente condición:  $Al + Si < 3$  % en peso. La adición especialmente de Al y de Si  
55

- en el intervalo de porcentaje en peso mencionado conduce de manera inesperada a una mejora de la resistencia a la tracción y simultáneamente a un alargamiento de rotura mayor. La adición de Al y Si conduce entre otras cosas a que se favorezca la formación de bainita. La microestructura de bainita tiene, como ya se ha mencionado, una influencia notable en las propiedades positivas de la aleación de los productos de acero. Al y Si sirven también para impedir una formación de carburo en la bainita, lo cual continua mejorando las propiedades positivas de la aleación.
- 5 Las proporciones de Al y Si pueden definirse en todas las formas de realización también con mayor exactitud de la siguiente manera:  $Si \leq 0,5 \%$  en peso y  $Al \leq 3 \%$  en peso.
- Según la invención la aleación de los productos de acero comprende de manera preferente proporciones de Al y Si según la siguiente fórmula:  $Si + Al \leq 1 \%$  en peso.
- 10 Según la invención la aleación de los productos de acero comprende de manera preferente una proporción de fósforo. La proporción de P es de manera preferente en todas las formas de realización de  $\leq 0,03 \%$  en peso.
- Según la invención la aleación de los productos de acero comprende de manera preferente una proporción de cobre. La proporción de Cu es de manera preferente en todas las formas de realización de  $\leq 0,1 \%$  en peso.
- 15 Los productos de acero de la invención presentan según la invención de manera preferente al menos proporcionalmente una pequeña proporción de Nb, para reducir de esta manera la temperatura de  $M_s$ .  $M_s$  denomina la temperatura de inicio de martensitización. La proporción de Nb es en todas las formas de realización preferentemente de menos de  $0,4 \%$ . De esta manera puede controlarse la transformación bainítica en un proceso de producción industrial. Esta transformación bainítica se produce en el caso del tratamiento de temperatura según la invención principalmente durante una fase del llamado segundo mantenimiento y durante el posterior segundo enfriamiento.
- 20 Los productos de acero de la invención presentan según la invención de manera preferente al menos proporcionalmente una pequeña proporción de Ti. La proporción de Ti es en todas las formas de realización preferentemente de menos de  $0,2 \%$  en peso.
- 25 Los productos de acero de la invención presentan según la invención de manera preferente al menos proporcionalmente una pequeña proporción de V. La proporción de V es en todas las formas de realización preferentemente de menos de  $0,1 \%$  en peso.
- 30 La estructura descrita de los productos de acero con los porcentajes de peso indicados se alcanza mediante un tratamiento de temperatura especial, el cual conduce a transformaciones controladas y a formaciones de estructuras en el producto de acero multifase. Este tratamiento de temperatura se denomina en este caso como tratamiento de temperatura en bloque, dado que comprende solamente un único proceso de tratamiento de desarrollo continuo. Es decir, el tratamiento de temperatura en bloque de la invención no presenta ninguna interrupción o pausa, tras la cual debería calentarse de nuevo el producto de acero.
- La invención no requiere de esta manera ningún tratamiento convencional de recocido ART. ART significa "*austenite reverted transformation*" (transformación inversa a austenita).
- 35 Las aleaciones descritas conducen de manera sorprendente a productos de acero con las propiedades deseadas, si bien se someten solo a un tratamiento de temperatura en bloque con los pasos de procedimiento según la reivindicación 1. Esta forma especial del tratamiento de temperatura en bloque tiene una influencia clara en la configuración de la(s) estructura(s) ultrafina(s) específica(s) del producto de acero.
- 40 Según la invención la estructura, o la microestructura del producto de acero, se controlan y se fijan de manera precisa mediante una forma especial y eficiente del tratamiento de temperatura en bloque.
- El tratamiento de temperatura en bloque comprende de manera preferente una fase de calentamiento rápido hasta una primera temperatura de mantenimiento, la cual se encuentra en el intervalo alrededor de  $820 \text{ }^\circ\text{C} \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Ha resultado ventajosa particularmente una primera temperatura de mantenimiento en aproximadamente  $810 \text{ }^\circ\text{C}$ . Después de haberse mantenido el producto de acero en el intervalo de la primera temperatura de mantenimiento durante un primer periodo de tiempo (primera duración de mantenimiento), se produce una fase de enfriamiento rápido. En el caso de este enfriamiento rápido se alcanza una segunda temperatura de mantenimiento y le sucede una fase de mantenimiento intermedia (segunda duración de mantenimiento) en el intervalo de esta segunda temperatura de mantenimiento. La segunda temperatura de mantenimiento se encuentra en el intervalo de entre  $350 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $450 \text{ }^\circ\text{C}$ . La segunda temperatura de mantenimiento se encuentra preferentemente en todas las formas de realización en el intervalo de entre  $380 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $450 \text{ }^\circ\text{C}$ . Después de que el producto de acero se haya mantenido en el intervalo de la segunda temperatura de mantenimiento durante una segunda duración de tiempo, se produce otra fase de enfriamiento rápido.
- 45 50 55 La fase del enfriamiento rápido tiene de manera preferente en todas las forma de realización una velocidad de enfriamiento, la cual es mayor a  $-30\text{K/seg}$ . Son particularmente preferentes velocidades de enfriamiento, las cuales son mayores a  $-50\text{K/seg}$ . Estas velocidades de enfriamiento rápidas tienen una influencia ventajosa en la

microestructura del producto de acero de la invención.

El tratamiento de temperatura en bloque de la invención sirve para evitar las influencias negativas de la matriz martensítica o ferrítica y para producir simultáneamente una nueva microestructura con las propiedades buscadas.

5 La primera fase de mantenimiento intermedia tiene de manera preferente en todas las formas de realización una duración de como máximo 5 minutos.

La segunda fase de mantenimiento intermedia tiene de manera preferente en todas las formas de realización una duración de como máximo 10 minutos.

De manera preferente la primera duración de mantenimiento es más corta que la segunda duración de mantenimiento.

10 Mediante el mantenimiento en el intervalo de la segunda temperatura de mantenimiento en la ventana de temperatura mencionada y mediante el enfriamiento rápido posterior, puede producirse de manera precisa una transformación bainítica.

La microestructura del producto de acero se caracteriza porque comprende de manera preferente:

- 15
- bainita fina en forma de listón,
  - fases ferríticas con una densidad de desplazamiento alta.

A ello se suma el hecho de que los productos de acero de la invención presentan de manera preferente un tamaño de grano ultrafino, encontrándose el tamaño de grano entre 2 y 3  $\mu\text{m}$ .

La bainita fina en forma de listón contribuye de manera probada a la mejora de la resistencia de los productos de acero de la invención.

20 Los productos de acero de la invención presentan listones bainíticos, los cuales tienen una anchura de entre 20 y 200 nm, y una longitud típica en el intervalo de entre 1  $\mu\text{m}$  a 4  $\mu\text{m}$ . Estos listones bainíticos, los cuales se denominan en este caso también como listones nanofinos, se forman debido al tratamiento de temperatura en boque especial.

Las fases ferríticas con una densidad de desplazamiento alta tienen una gran importancia, ya que mejoran la elasticidad y la capacidad de deformación de los productos de acero de la invención.

25 Debido a la composición de aleación especialmente desarrollada y a las proporciones de estructura ajustadas de manera precisa entre sí, de austenita, bainita, martensita o ferrita, se logran propiedades particularmente buenas y simultáneamente la capacidad de transformación de los productos de acero se encuentra en un intervalo manejable mecánicamente.

30 La invención se usa de manera preferente para poner a disposición productos de acero de banda laminada en frío en forma de producto plano laminado en frío (por ejemplo, bobinas). La invención puede usarse también para producir por ejemplo chapas finas o también alambre y productos de alambre.

Es una ventaja del procedimiento de la invención, que en comparación con muchos otros principios de procedimiento requiere menos esfuerzo de energía, es más rápido y más económico.

35 La invención tiene entre otras, la ventaja de que no se requiere ningún tratamiento térmico ART. ART significa "*Austenite Reverted Transformation*" (transformación inversa a austenita).

Otras configuraciones ventajosas de la invención conforman los objetos de las reivindicaciones dependientes.

Dibujos

En lo sucesivo se describen con mayor detalle ejemplos de realización de la invención en relación con los dibujos.

40 **La FIG. 1** muestra un diagrama muy esquematizado, en el cual se indica el alargamiento de rotura en porcentaje en relación con la resistencia a la tracción en MPa para diferentes aceros;

**La FIG. 2** muestra un diagrama esquemático del tratamiento de temperatura único, el cual se usa en el marco de la producción de un producto de acero de la invención.

### **Descripción detallada**

45 Según la invención se trata de productos de acero con contenido medio en manganeso multifase ultrafinos, los cuales comprenden zonas o fases de martensita, ferrita y austenita retenida, así como opcionalmente también microestructuras de bainita. Es decir, los productos de acero de la invención se caracterizan por una constelación de estructura especial, la cual se denomina también como estructura multifase.

En parte se habla en lo sucesivo de productos (intermedios) de acero, cuando se trata de subrayar que no se trata del producto de acero terminado, sino de un producto previo o intermedio en un proceso de fabricación de varias fases. El punto de partida para estos procesos de fabricación es en la mayoría de los casos una colada. En lo sucesivo se indica la composición de la aleación de la colada, dado que por esta parte del proceso de fabricación puede influirse de manera relativamente precisa en la composición de la aleación (por ejemplo, mediante la carga de componentes, como silicio). La composición de la aleación del producto de acero se desvía en el caso normal solo de manera insignificante de la composición de la aleación de la colada.

El concepto "fase" se define entre otros por su composición de proporciones de los componentes, contenido de entalpía y volumen. Las diferentes fases están separadas en el producto de acero mediante límites de fase entre sí.

Los "componentes" o los "constituyentes" de las fases pueden ser o bien elementos químicos (como Mn, Ni, Al, Fe, C, ... etc.), o agregados neutrales tipo molecular (como FeSi, Fe<sub>3</sub>C, SiO<sub>2</sub>, etc.), o agregados cargados tipo molecular (como Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, etc.).

Las cantidades o las indicaciones sobre proporciones se hacen en este caso mayormente en porcentaje en peso (abreviado % en peso), siempre y cuando no se mencione algo diferente. Cuando se hacen indicaciones sobre la composición de la aleación, respectivamente el producto de acero, entonces la composición comprende junto a los materiales o sustancias que se enumeran explícitamente, hierro (Fe) como material de base y llamados ensuciamientos inevitables, los cuales aparecen siempre en el baño de colada y que pueden verse también en el producto de acero resultante. Todas las indicaciones de % en peso han de completarse por lo tanto siempre hasta el 100 % en peso y todas las indicaciones de volumen han de completarse siempre hasta el 100 % del volumen total.

Los productos de acero con contenido medio en manganeso de la invención tienen todos un contenido de manganeso, el cual se encuentra en el intervalo de 3,5 y 6 % en peso, formando parte del intervalo los límites indicados, es decir, el contenido de manganeso se encuentra en el intervalo de 3,5 % en peso ≤ Mn ≤ 6 % en peso. La proporción de manganeso se encuentra de manera preferente en todas las formas de realización en el intervalo de 4 % en peso ≤ Mn ≤ 6 % en peso.

Además de ello, la proporción de carbono C se encuentra en el siguiente intervalo 0,02 ≤ C ≤ 0,35 % en peso.

En la producción de un producto de acero de manganeso se llevan a cabo entre otros, los siguientes pasos, no teniendo que sucederse estos pasos necesariamente de forma inmediata.

En el marco de la puesta a disposición de la aleación según la invención se añade a una cantidad de partida de hierro una proporción de carbono C en el siguiente intervalo 0,02 ≤ C ≤ 0,35 % en peso, y una proporción de manganeso Mn en el siguiente intervalo 3,5 % en peso ≤ Mn ≤ 6 % en peso. El correspondiente modo de proceder se conoce lo suficiente.

En el marco del procesamiento posterior de la aleación obtenida de esta manera, sigue un procedimiento de recocido particularmente eficiente (denominado tratamiento de temperatura en bloque). El concepto en bloque se usa en este caso para subrayar que a diferencia de múltiples principios alternativos no se requiere un recocido o tratamiento de temperatura doble.

Al llevarse a cabo el procedimiento de recocido en bloque se llevan a cabo los siguientes pasos (en este sentido se remite a la Fig. 2):

- calentar E1 el producto (intermedio) de acero a una primera temperatura de mantenimiento T1, la cual se encuentra en el intervalo de 820 °C ± 20 °C,
- primer mantenimiento H1 del producto (intermedio) de acero durante una primera duración de mantenimiento 51 en la primera temperatura de mantenimiento T1,
- primer enfriamiento rápido A1 del producto (intermedio) de acero a una segunda temperatura de mantenimiento T2, la cual se encuentra en el intervalo de entre 350 °C y 450 °C,
- segundo mantenimiento H2 del producto (intermedio) de acero durante una segunda duración de mantenimiento 52 en el intervalo de la segunda temperatura de mantenimiento T2,
- llevar a cabo un segundo enfriamiento lento A2.

La primera fase de mantenimiento intermedia H1 tiene de manera preferente en todas las formas de realización una duración de como máximo 5 minutos. La segunda fase de mantenimiento intermedia H2 tiene de manera preferente en todas las formas de realización una duración de como máximo 10 minutos.

Son particularmente preferentes formas de realización en las cuales tiene validez: δ1 + 52 < 15 min y 51 < 52.

El primer enfriamiento A1 puede producirse en todas las formas de realización en una corriente de aire o mediante el uso de un fluido de refrigeración. El segundo enfriamiento A2 puede producirse en todas las formas de realización en una corriente de aire. El producto de acero de la invención puede llevarse no obstante también a un entorno separado (por ejemplo, a una unidad de recocido), para mantenerse allí durante un rato más (por ejemplo, a de 300 a 450 °C). En este caso se prolonga correspondientemente el tiempo 52.

La fase del enfriamiento rápido A1 tiene de manera preferente en todas las formas de realización una velocidad de enfriamiento que es mayor a -30K/seg. Son particularmente preferentes las velocidades de enfriamiento A1, las cuales son mayores a -50K/seg. Estas velocidades de enfriamiento rápidas tienen una influencia ventajosa en la microestructura del producto de acero de la invención.

- 5 De la Fig. 2 se desprende que el primer enfriamiento A1 más rápido se produce con una velocidad de enfriamiento, la cual es mayor a la velocidad de enfriamiento del segundo enfriamiento A2 más lento. El segundo enfriamiento se produce de manera preferente en todas las formas de realización a lo largo de una curva asintótica A2\*, la cual se aproxima a la asíntota Asy (véase la Fig. 2). De manera preferente las bobinas de producto de acero se dejan reposar en todas las formas de realización tras el segundo enfriamiento A2 o A2\* más lento, para que puedan enfriarse lentamente por sí mismas.
- 10

Según la invención se prefieren productos de acero, los cuales comprenden en proporción las siguientes mezclas:

- proporciones de Al más Si  $\leq 4$  % en peso, y/o
- proporción de Nb  $\leq 0,4$  % en peso, y/o
- proporción de Ti  $\leq 0,2$  % en peso, y/o
- 15 ○ proporción de V  $\leq 0,1$  % en peso, y/o
- proporción de P  $\leq 0,03$  % en peso, y/o
- proporción de Cu  $\leq 0,1$  % en peso.

- Según la invención se prefieren productos de acero, los cuales comprenden una proporción de una microestructura bainítica, la cual es mayor al 5 % en peso del producto de acero, encontrándose la proporción de la microestructura bainítica preferentemente en el intervalo de 10 a 70 % en volumen del producto de acero. De manera particularmente preferente la proporción de la microestructura se encuentra en el intervalo de 20 a 40 % en volumen.
- 20

Según la invención se prefieren productos de acero, los cuales comprenden una proporción de austenita retenida, la cual es menor al 30 % en volumen del producto de acero, siendo la proporción de austenita retenida de manera preferente de menos del 10 % en volumen del producto de acero.

- 25 Según la invención se prefieren productos de acero, los cuales presentan una proporción de una microestructura austenítica, la cual se encuentra en el intervalo de 5 a 20 % en volumen del producto de acero, en particular del 2 al 10 % en volumen.

- Según la invención se prefieren productos de acero, los cuales comprenden una proporción en volumen de granos de austenita, la cual se encuentra preferentemente en menos del 5 % del volumen total del producto de acero. Estos granos de austenita presentan de manera preferente un tamaño máximo, el cual es inferior a 1  $\mu\text{m}$ .
- 30

#### Referencias

Aceros con contenido medio en manganeso	1
Aceros TRIP	2
Calidades HD	3
Primer enfriamiento	A1
Segundo enfriamiento	A2
Asíntota	Asy
Primera duración de mantenimiento	$\delta 1$
Segunda duración de mantenimiento	$\delta 2$
Calentamiento	E1
Primer mantenimiento	H1
Segundo mantenimiento	H2
Primera temperatura de mantenimiento	T1
Segunda temperatura de mantenimiento	T2

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para fabricar un producto de acero de manganeso, comprendiendo el procedimiento los siguientes pasos:

- poner a disposición una aleación con

- 5           ○ una proporción de carbono (C) en el siguiente intervalo  $0,02 \leq C \leq 0,35$  % en peso, y
- una proporción de manganeso (Mn) en el siguiente intervalo  $3,5$  % en peso  $\leq Mn \leq 6$  % en peso

estando caracterizado el procedimiento por el siguiente paso:

- llevar a cabo un procedimiento de recocido en bloque con los siguientes pasos parciales, siendo el procedimiento de recocido en bloque un tratamiento de temperatura de desarrollo continuo sin interrupción, tras el cual el producto de acero ha de ser calentado de nuevo:

- 10           ○ calentar (E1) el producto de acero a una primera temperatura de mantenimiento (T1), la cual se encuentra en el intervalo de  $820 \text{ }^\circ\text{C} \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ,
- primer mantenimiento (H1) del producto de acero durante una primera duración de mantenimiento (51) en la primera temperatura de mantenimiento (T1),
- 15           ○ primer enfriamiento más rápido (A1) del producto de acero a una segunda temperatura de mantenimiento (T2), la cual se encuentra en el intervalo de entre  $350 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $450 \text{ }^\circ\text{C}$ ,
- segundo mantenimiento (H2) del producto de acero durante una segunda duración de mantenimiento (52) en el intervalo de la segunda temperatura de mantenimiento (T2),
- 20           ○ llevar a cabo un segundo enfriamiento más lento (A2), produciéndose el primer enfriamiento más rápido (A1) con una velocidad de enfriamiento que es más alta que la velocidad de enfriamiento del segundo enfriamiento más lento (A2).

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la proporción de carbono (C) se encuentra en uno de los siguientes intervalos

- 25           a.  $0,05 \text{ } \% \leq C \leq 0,22 \text{ } \%$  en peso, o
- b.  $0,09 \text{ } \% \leq C \leq 0,18 \text{ } \%$  en peso.

3. Procedimiento según las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado porque** la proporción de manganeso (Mn) se encuentra en el intervalo del  $4 \text{ } \%$  en peso  $\leq Mn \leq 6$ .

4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** el producto de acero de manganeso se enrolla durante el segundo enfriamiento más lento (A2).

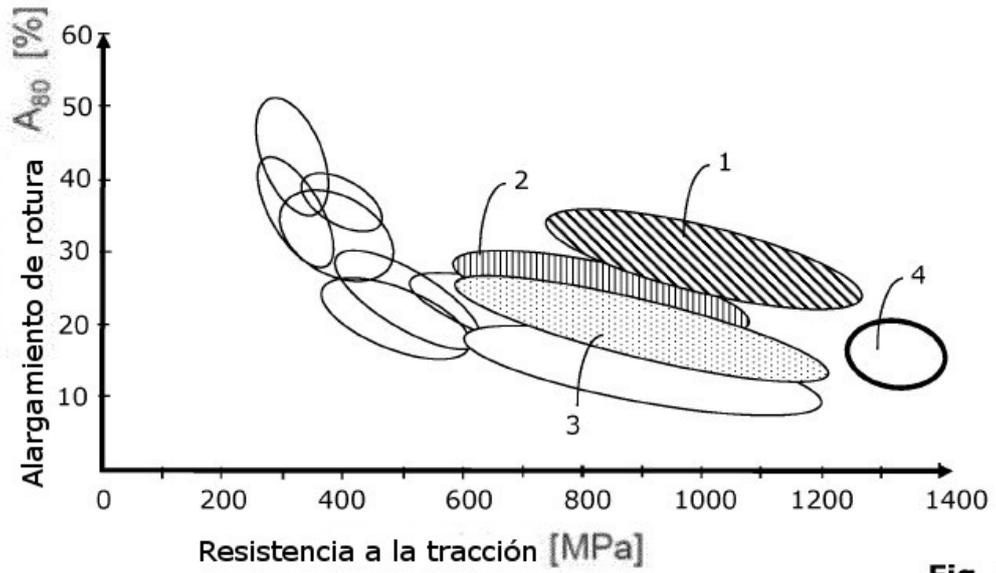
30   5. Procedimiento según las reivindicaciones 1, 2 o 3, **caracterizado porque** el segundo enfriamiento (A2) tiene un desarrollo en forma de curva, de manera preferente asintótica, cuya asíntota (Asy) se encuentra de manera preferente para  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ .

35   6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** la temperatura del producto de acero de manganeso durante el segundo mantenimiento (H2) está en el intervalo de la segunda temperatura de mantenimiento (F2) constante o decreciente con el tiempo.

7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** durante la puesta a disposición de la aleación se llevan a cabo las siguientes incorporaciones:

- 40           ○ proporciones de Al y Si  $\leq 4 \text{ } \%$  en peso, y/o
- proporción de P  $\leq 0,03 \text{ } \%$  en peso, y/o
- proporción de Cu  $\leq 0,1 \text{ } \%$  en peso.

8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la primera duración de mantenimiento (51) tiene una duración de como máximo 10 minutos y la segunda duración de mantenimiento (52) una duración de como máximo 15 minutos, siendo válido de manera preferente:  $51 \leq 5 \text{ min}$  y  $52 \leq 10 \text{ minutos}$ .



**Fig. 1**

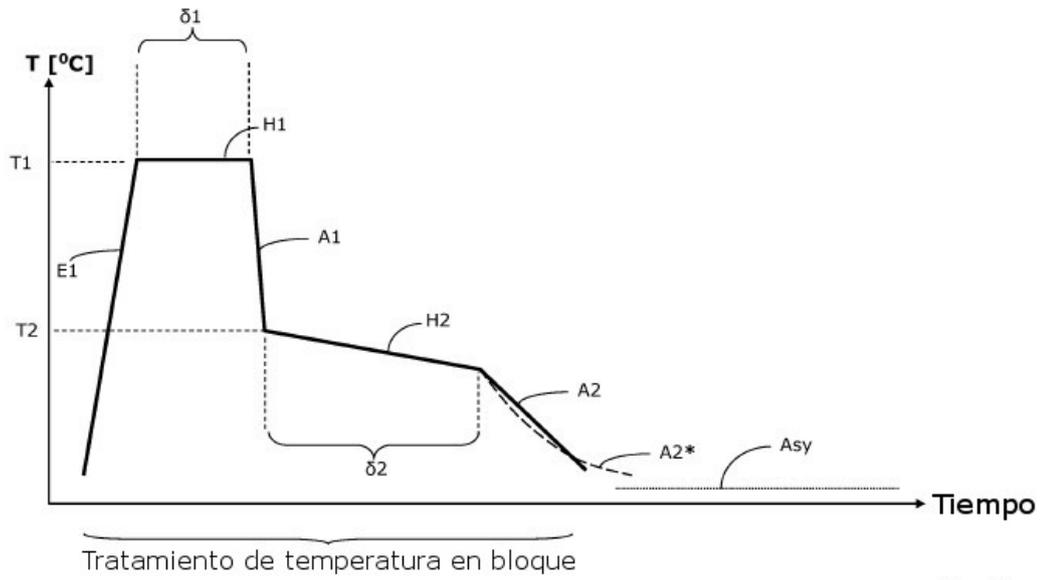


Fig. 2