

(19)



(11)

**EP 2 383 353 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**06.11.2019 Patentblatt 2019/45**

(51) Int Cl.:  
**C21D 8/02 (2006.01)**      **C21D 8/04 (2006.01)**  
**C22C 38/04 (2006.01)**      **C22C 38/18 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **11164339.1**

(22) Anmeldetag: **29.04.2011**

(54) **Höherfester, Mn-haltiger Stahl, Stahl Flachprodukt aus einem solchen Stahl und Verfahren zu dessen Herstellung**

High tensile steel containing Mn, steel surface product made from such steel and method for producing same

Acier à résistance élevée comprenant du Mn, produit plat en acier composé d'un tel acier et son procédé de fabrication

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **30.04.2010 DE 102010019114**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**02.11.2011 Patentblatt 2011/44**

(73) Patentinhaber: **ThyssenKrupp Steel Europe AG**  
**47166 Duisburg (DE)**

(72) Erfinder:  

- **Becker, Dr.-Ing., Jens-Ulrik**  
**47058, Duisburg (DE)**
- **Bian, Dr.-Ing., Jian**  
**50827 Köln (DE)**
- **Hammer, Dr., Brigitte**  
**46562, Voerde (DE)**
- **Heller, Dr., Thomas**  
**47229, Duisburg (DE)**

- **Höckling, Christian**  
**47058, Duisburg (DE)**
- **Hofmann, Dr.-Ing., Harald**  
**44357, Dortmund (DE)**
- **Schirmer, Dipl.-Ing., Matthias**  
**40235, Düsseldorf (DE)**
- **Bülters, Oliver**  
**48607 Ochtrup (DE)**
- **Rieger, Thomas**  
**52072, Aachen (DE)**

(74) Vertreter: **Cohausz & Florack**  
**Patent- & Rechtsanwälte**  
**Partnerschaftsgesellschaft mbB**  
**Bleichstraße 14**  
**40211 Düsseldorf (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A1- 0 425 058      US-A- 4 796 946**  
**US-A- 5 454 883      US-B2- 7 018 488**

**EP 2 383 353 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Für den modernen Fahrzeugbau werden in zunehmendem Maße höherfeste Stähle wie Dualphasen (DP)-Stähle, Complexphasen (CP)-Stähle, TRIP-Stähle oder Martensitstähle (MS)-Stähle eingesetzt.

**[0002]** Durch die hohe Festigkeit dieser Stähle erhöht sich die Fahrsicherheit. Zugleich können immer leichtere Autokarosserien gestaltet werden, die aufgrund ihres verminderten Gewichts und der damit einhergehenden Einsparung an benötigter Antriebsenergie besonders umweltfreundlich sind.

**[0003]** Ein Problem bei der Entwicklung hochfester Stähle besteht darin, dass sich ihre Umformeigenschaften (Bruchdehnung) üblicherweise mit steigender Festigkeit immer mehr verschlechtert. Ein Beispiel für diesen Effekt ist ein hochfester Dualphasen-Stahl, der bei einer Festigkeit von 1000 MPa nur noch eine Bruchdehnung A80 von ca. 12 % erwarten lässt. Die vergleichbar geringe Bruchdehnung kann dazu führen, dass der Werkstoff bei der Bauteilumformung versagt.

**[0004]** Die Entwicklung von hochmanganhaltigen Stählen, d.h. Stählen mit Mn-Gehalten von mehr als 15 Gew.-%, zielte deshalb darauf ab, eine hohe Festigkeit mit hervorragender Umformbarkeit zu kombinieren. Bei einer Festigkeit von 1000 MPa bietet dieses Werkstoffkonzept eine Bruchdehnung A80 von 50 %. Jedoch sind diese Werkstoffkonzepte aufgrund des hohen Mangangehalts und den vergleichbar aufwändigen Erzeugungsprozessen sehr kostenintensiv.

**[0005]** Aus der WO 2007/000156 A1 sind Beispiele für hochfeste austenitisch-martensitische Leichtbaustähle bekannt, die mit Chrom, Silizium, Nickel, Mangan und Aluminium legiert sind und eine Zugfestigkeit von > 800 - 1200 MPa bei einer Bruchdehnung > 25 % aufweisen. Bei Mn-Gehalten von (in Gew.-%) > 2,5 und < 30 %, Cr-Gehalten von > 0,5 und < 18 %, einem Si-Gehalt von > 1 % und < 4 % und einem Al-Gehalt von > 0,05 und < 4 % sollen ein Chrom- und ein Nickel-Äquivalent in Abhängigkeit von den jeweiligen Gehalten an Cr, Mo, Si, W, Mn, N, Co, Cu und Al jeweils so eingestellt werden, dass für die beiden Äquivalente angegebene Grenzwertpaare eingehalten werden. Konkret weisen die Beispiele, die diesen Anforderungen gerecht werden, jeweils hohe Si-Gehalte in Kombination mit jeweils hohen Ni-Gehalten und variierten Cr-Gehalten auf.

**[0006]** Ein Verfahren zum Erzeugen von Warmbändern aus einem umformbaren, insbesondere gut kalt tiefziehfähigen Leichtbaustahl, der eine hohe Zugfestigkeit und TRIP- und/oder TWIP-Eigenschaften besitzen soll, ist aus der WO 2005/061152 A1 bekannt. Gemäß diesem Verfahren wird eine Stahlschmelze in einer horizontalen Bandgießanlage endabmessungsnah sowie strömungsberuhigt und biegefrei zu einem Vorband im Bereich zwischen 6 und 15 mm vergossen und anschließend einer Weiterbehandlung zugeführt.

**[0007]** Konkret wird dazu ein Horizontal-Bandgießverfahren eingesetzt. Der dazu verwendete Stahl enthält neben Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen (in Gew.-%) C: 0,04 - 1,0 %, Al: 0,05 - < 4,0 %, Si: 0,05 - 6,0 %, Mn 9,0 - 30,0 % sowie optional Cr: bis 6,5 %, wobei Cr-Gehalte von 0,2 - 0,3 % als bevorzugt angegeben sind, Nb und V in Gehalten von in Summe bis zu 0,06 % und Ti und Zr in Gehalten von in Summe bis zu 0,7 % vorhanden sein können. Die Wirkung von Chrom wird dabei darin gesehen, dass es den  $\epsilon$ -Martensit stabilisiert und die Korrosionsbeständigkeit verbessert. Zu diesem Zweck werden höhere Cr-Gehalte bei Mn-Gehalten von 9 - 18 % empfohlen, während bei Mn-Gehalten von über 18 % niedrigere Cr-Gehalte für ausreichend gehalten werden. An keiner Stelle der WO 2005/061152 A1 wird allerdings angegeben, wie dieses Verhältnis konkret eingestellt werden soll.

**[0008]** Eine weitere Möglichkeit höchstfeste Bauteile darzustellen, ist das Warmpresshärten konventioneller Warmumformstähle. Nach dem Press-Hardening - nach vorheriger Vollaustenitisierung - weisen diese Stähle ein martensitisches Gefüge auf, das allerdings ein relativ geringes Restverformungsvermögen besitzt.

**[0009]** Neben dem voranstehend erläuterten Stand der Technik ist aus der EP 0 425 058 A1 eine Verwendung eines beruhigt vergossenen Stahles, der 0,15 - 0,25 % C, 3,40 - 6,10 % Mn, 0 - 1,0 % Ni, 0 - 1,0 % Cr, 0 - 1,0 % Mo, 0 - 0,15 % V, max. 0,03 % P, max. - 0,03 % S, max. - 0,6 % Si, max. 0,05 % Al, Rest Eisen und übliche Verunreinigungen enthält, als Werkstoff zur Herstellung von Röhren zur Verstärkung von Kraftfahrzeugtüren mit der Maßgabe bekannt, dass die folgende Beziehung für die Summe der Legierungsanteile (in Gewichts-%) erfüllt ist:

$$\text{Mn} + \text{Ni} + \text{Cr} + \text{Mo} + 10 \times \text{V} \geq 4,5 \text{ Gewichts-\%}$$

**[0010]** Vor dem Hintergrund des voranstehend erläuterten Standes der Technik bestand die Aufgabe der Erfindung darin, ein Stahl Flachprodukt mit guter Festigkeit und guter Verformbarkeit aus einem Stahl zu schaffen, der sich kostengünstiger herstellen lässt als die bekannten hochmanganhaltigen Stähle und gleichzeitig hohe Bruchdehnungswerte und damit einhergehend eine deutlich verbesserte Umformbarkeit besitzt. Darüber hinaus sollte ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Stahl Flachprodukts angegeben werden.

**[0011]** In Bezug auf den Stahl ist diese Aufgabe erfindungsgemäß durch den in Anspruch 1 angegebenen Stahl gelöst worden.

**[0012]** Schließlich besteht die Lösung der in Bezug auf das Verfahren oben angegebenen Aufgabe darin, dass zur Herstellung eines Stahl Flachprodukts die in Anspruch 17 als notwendig angegebenen Arbeitsschritte absolviert werden, wobei zu diesen Arbeitsschritten die in Anspruch 17 als optional genannten Schritte hinzukommen können.

**[0013]** Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben und werden nachfolgend wie der allgemeine Erfindungsgedanke im Einzelnen erläutert.

**[0014]** Die Erfindung schlägt ein Werkstoffkonzept vor, gemäß dem ein Stahl, der neben Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen aus (in Gew.-%)

5

C: 0,02 - 0,5 %,

Mn: 5 - 12,0 %,

Si: 0,05 - 1,0 %,

Al: bis zu 3,0 %,

10

Cr: 0,1 - 4,0 %,

Cu: bis zu 2,0 %,

Ni: bis zu 2,0 %,

N: bis zu 0,05 %,

P: bis zu 0,05 %,

15

S: bis zu 0,01 %

besteht und optional ein Element oder mehrere Elemente aus der Gruppe "V, Nb, Ti" enthält, wobei die Summe der Gehalte an diesen Elementen höchstens gleich 0,5 % ist.

20

**[0015]** Das Gefüge eines aus einem solchen erfindungsgemäßen Stahl erzeugten Stahlflachprodukts besteht typischerweise zu 30 - 100 % aus Härtingsgefüge (Martensit, angelassener Martensit oder Bainit), während der Rest des Gefüges austenitisch ist.

25

**[0016]** Im Vergleich zu den bekannten hochmanganhaltigen Stählen lässt sich ein erfindungsgemäßer Stahl aufgrund seiner in einem mittleren Gehaltsbereich liegenden Mn-Gehalten zu deutlich verminderten Legierungs- und Erzeugungskosten sowohl bei der Erzeugung über Strangguss als auch bei der Erzeugung über ein Bandgussverfahren herstellen. Kohlenstoff bestimmt bei einem erfindungsgemäßen Stahl zum einen die Festigkeit von Martensit und zum anderen die Menge und die Stabilität des Restaustenits. Bei zu hohen Kohlenstoffgehalten wird die Schweißbarkeit und Zähigkeit des Stahls, z. B. durch Bildung von Cr-Karbid, negativ beeinflusst. Idealerweise liegt daher der Kohlenstoffgehalt von Mn-Stählen der erfindungsgemäßen Art unter 0,5 Gew.-%, wobei sich optimale Eigenschaften ergeben, wenn der C-Gehalt auf weniger als 0,2 Gew.-%, insbesondere weniger als 0,1 Gew.-%, beschränkt ist. Bei zu geringem Kohlenstoffgehalt wird jedoch die Menge und Stabilität des verbleibenden Restaustenits beeinträchtigt. Deshalb beträgt der C-Gehalt eines erfindungsgemäßen Stahls mindestens 0,02 Gew.-%, insbesondere mindestens 0,03 Gew.-%, beispielsweise mindestens 0,05 Gew.-%.

30

**[0017]** Mangan ist ein Austenitbildner. Es verzögert die Umwandlung von Ferrit, Perlit und Bainit und stabilisiert damit Austenit bis zur Martensitstarttemperatur. Mangan fördert dabei die Ausbildung von kubisch oder hexagonal verzerrem Martensit ( $\alpha$ - oder  $\epsilon$ -Martensit). Diese Mangan-Martensite zeichnen sich durch hohe Festigkeiten und einer gegenüber C-induziertem, kubisch verzerrem  $\alpha$ -Martensit wesentlich höheren Zähigkeit aus. Bei zu geringem Mangangehalt entsteht bei der Abkühlung Bainit, was eine niedrigere Festigkeit und Bruchdehnung mit sich bringt. Bei zu hohem Mangangehalt besteht dagegen die Gefahr, dass der gesamte Austenit bis Raumtemperatur stabil bleibt. Der erfindungsgemäß vorgegebene Mangangehalt von 5 - 12 % ermöglicht dagegen die Einstellung einer Martensitmatrix mit einem Restaustenitanteil im Gefüge. Besonders sicher tritt dieser Effekt ein, wenn der Mn-Gehalt mindestens 6 Gew.-% oder sogar mindestens 7 Gew.-% beträgt, wobei eine Optimierung der positiven Einflüsse von Mangan in einem erfindungsgemäßen Stahl dadurch erzielt werden kann, dass die Obergrenze des Mn-Gehalts auf 10 Gew.-%, insbesondere auf weniger 9 Gew.-%, beispielsweise auf bis zu 8,5 Gew.-%, beschränkt wird.

35

40

**[0018]** Aluminium und Silizium sind starke Ferritbildner. Beide Elemente wirken dem Einfluss der Austenitbildner C und Mn entgegen. Die wesentliche Aufgabe der Elemente Si und Al besteht in einem erfindungsgemäßen Stahl darin, die Karbidausscheidung in der Martensitmatrix zu unterdrücken und damit die Stabilität des Restaustenits zu fördern. Gleichzeitig führen Si und Al zu einer Mischkristallhärtung und reduzieren das spezifische Gewicht des Stahls. Bei zu geringem Si- und Al-Gehalt kann die Karbidausscheidung jedoch möglicherweise nicht effektiv unterdrückt werden. Bei zu hohen Gehalten an Si und Al wird dagegen die Verarbeitung sowohl bei einer Erzeugung über ein Strangguss- als auch bei einer Erzeugung über ein Bandgussverfahren erschwert.

45

50

**[0019]** Deshalb sieht die Erfindung vor, den Si-Gehalt auf max. 1 Gew.-% zu beschränken, wobei die positiven Effekte der Anwesenheit von Si dadurch effektiv genutzt werden können, wenn der Si-Gehalt des erfindungsgemäßen Stahls mindestens 0,05 Gew.-%, insbesondere 0,1 Gew.-%, beträgt. Die negativen Einflüsse von Si können dadurch besonders sicher ausgeschlossen werden, dass der Si-Gehalt auf 0,7 Gew.-%, insbesondere 0,5 Gew.-%, beschränkt wird.

55

**[0020]** Um die vorteilhafte Wirkung von Al sicher nutzen zu können, kann der Al-Gehalt auf mindestens 0,01 Gew.-%, insbesondere 0,02 Gew.-%, festgelegt werden, während negative Einflüsse von Al besonders sicher dann auszuschließen sind, wenn der Al-Gehalt eines erfindungsgemäßen Stahls auf 2 Gew.-%, insbesondere 1 Gew.-%, beschränkt wird.

**[0021]** Durch die Anwesenheit von Kupfer, Chrom und Nickel wird grundsätzlich der Widerstand eines erfindungsgemäßen Stahls gegen verschiedene Korrosionsmechanismen verbessert. Die positive Wirkung von Cu und Ni lässt sich dabei dadurch besonders sicher nutzen, dass diese Elemente mit in Summe mindestens > 0 Gew.-%, insbesondere 0,1 Gew.-%, betragenden Gehalten dem erfindungsgemäßen Stahl zugegeben werden. Dagegen werden negative Auswirkungen der Anwesenheit von Cu und / oder Ni in erfindungsgemäßen Stählen dadurch vermieden, dass der Gehalt an Cu und Ni jeweils max. 1 Gew.-% beträgt bzw. der Gehalt an Cu und Ni in Summe auf maximal 2 Gew.-%, insbesondere 1 Gew.-%, beschränkt ist.

**[0022]** Durch die Anwesenheit von Cr wird in einem erfindungsgemäßen Stahl die Gefahr der Entstehung von Spannungsrissskorrosion gezielt vermindert. Zudem trägt Cr zur Festigkeitssteigerung bei. Ab einem Gehalt von 0,1 Gew.-% Cr sind diese positiven Effekte zu beobachten, wobei die positive Wirkung von Cr dann besonders sicher eintritt, wenn der Cr-Gehalt des erfindungsgemäßen Stahls mindestens 0,5 Gew.-%, insbesondere mindestens 1 Gew.-%, beträgt. Der Cr-Gehalt eines erfindungsgemäßen Stahls ist auf max. 4 Gew.-% beschränkt, weil bei höheren Gehalten Cr-Karbide entstehen können, die die Duktilität des Stahls negativ beeinflussen können. Solche negativen Effekte können dadurch besonders sicher ausgeschlossen werden, dass der Cr-Gehalt auf max. 2 Gew.-% beschränkt wird. Optimal wirkt sich die Anwesenheit von Cr in einem erfindungsgemäßen Stahl aus, wenn der Cr-Gehalt 1 - 2 Gew.-% beträgt.

**[0023]** Ti, Nb und V, die in Gehalten von in Summe bis zu 0,5 Gew.-% in einem erfindungsgemäßen Stahl vorhanden sein können, tragen zur Kornfeinung und Festigkeitssteigerung bei. In Summe oberhalb von 0,5 Gew.-% liegende Gehalte an Ti, Nb und V führen zu keiner Steigerung dieses Effekts. Besonders zielsicher und ressourcenschonend lässt sich die festigkeitssteigernde Wirkung von Ti, Nb und V dann nutzen, wenn die Summe der Gehalte an diesen Mikrolegierungselementen bei einem erfindungsgemäßen Stahl auf 0,3 Gew.-%, insbesondere 0,2 Gew.-%, beschränkt ist. Die positive Wirkung der hier genannten Mikrolegierungselemente stellt sich dabei bereits dann ein, wenn die Summe ihrer Gehalte mindestens 0,025 Gew.-% beträgt. Im Falle der Anwesenheit von Ti wird dessen Gehalt vorteilhafterweise auf max. 0,15 Gew.-% beschränkt, um grobe Ti-Ausscheidungen zu verhindern. Durch die Zugabe von Stickstoff in Gehalten von bis zu 0,05 Gew.-%, insbesondere 0,03 Gew.-%, kann das austenitische Gefüge zusätzlich stabilisiert werden. Dieser Effekt tritt bereits dann ein, wenn der N-Gehalt eines erfindungsgemäßen Stahls mindestens 0,002 Gew.-%, insbesondere mindestens 0,0025 Gew.-%, beträgt, wobei sich ein optimaler Einfluss ergibt, wenn der N-Gehalt auf max. 0,025 Gew.-% beschränkt ist.

**[0024]** Die P-Gehalte eines erfindungsgemäßen Stahls sind auf maximal 0,05 Gew.-%, bevorzugt 0,03 Gew.-%, beschränkt, um negative Einflüsse dieses Elements sicher auszuschließen.

**[0025]** Aus demselben Grund ist der S-Gehalt eines erfindungsgemäßen Stahls auf max. 0,01 Gew.-%, insbesondere 0,005 Gew.-%, beschränkt.

**[0026]** Grundsätzlich gilt, dass das erfindungsgemäße Legierungskonzept so abgestimmt ist, dass die Entstehung von Härtinggefüge mit oder ohne Restaustenit im Warmband ermöglicht wird. Das heißt:

Die Martensitstarttemperatur  $M_S$  eines im Rahmen der Erfindung legierten Stahls liegt oberhalb und die Martensitfinish-temperatur  $M_F$  eines erfindungsgemäß zusammengesetzten Stahls liegt unterhalb der Raumtemperatur.

**[0027]** Das erfindungsgemäße Legierungskonzept ermöglicht die Einstellung eines Härtinggefüges mit bis zu 70 % Austenit. Je nach Legierungslage können folgende Phasen auftreten:

- Stabiler Austenit,
- Metastabiler Austenit mit Fähigkeit zur spannungsinduzierten Martensitbildung (TRIP-Effekt),
- C- und/oder Mn- verzerrter kubischer  $\alpha$ -Martensit,
- Hexagonal verzerrter  $\epsilon$ -Martensit,
- Bainit.

**[0028]** Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung eines Stahlflachprodukts, umfasst folgende Arbeitsschritte:

- Erschmelzen einer erfindungsgemäß zusammengesetzten Stahlschmelze,
- Erzeugen eines Ausgangsprodukts für ein anschließendes Warmwalzen, indem die Stahlschmelze zu einem Strang, von dem mindestens eine Bramme oder Dünnbramme als Ausgangsprodukt für das Warmwalzen abgeteilt wird, oder über Zwei-Rollen-Bandguss zu einem gegossenen Band vergossen wird, das als Ausgangsprodukt dem Warmwalzen zugeführt wird,
- Wärmebehandeln des Ausgangsprodukts, um das Ausgangsprodukt auf eine Warmwalzstarttemperatur von 1150

- 1000 °C zu bringen,
- Warmwalzen des Ausgangsprodukts zu einem Warmband mit einer Dicke von höchstens 2,5 mm, wobei das Warmwalzen bei einer 1050 - 800 °C betragenden Warmwalzendtemperatur beendet wird,
- Haspeln des Warmbands zu einem Coil bei einer Haspeltemperatur  $\leq 700$  °C,
- wobei sich an das Haspeln jeweils optional die folgenden Arbeitsschritte anschließen können:
  - Glühen des Warmbands bei einer 250 - 950 °C betragenden Warmbandglühtemperatur,
  - Kaltwalzen des geglühten Warmbands in einem Schritt oder in mehreren Schritten zu einem Kaltband mit einer Dicke von höchstens 60 % der Dicke des Warmbands,
  - Glühen des Kaltbands bei einer 450 - 950 °C betragenden Kaltbandglühtemperatur,
  - Beschichten der Oberfläche des Warmbands oder des Kaltbands mit einem metallischen Korrosionsschutzüberzug,
  - Beschichten der Oberfläche des Warmbands oder des Kaltbands mit einem organischen Überzug.

**[0029]** Die Möglichkeiten der Erzeugung von Warm- oder Kaltbändern, die aus erfindungsgemäßem Mn-Stahl bestehen, sind in dem beigefügten Diagramm zusammengefasst. Im Einzelnen umfassen sie folgende Bearbeitungsschritte:

#### Warmbänderzeugung

**[0030]** Gegenüber Hoch-Mn-Stählen ist die Vergießbarkeit erfindungsgemäßer Mn-Stähle in Folge der Absenkung des Mn-Gehaltes verbessert.

**[0031]** Eine erste Möglichkeit der Warmbänderzeugung besteht im konventionellen Strangguss. Dabei erweist sich ein erfindungsgemäßer Stahl als besonders vorteilhaft, weil er eine geringere Warmbanddicke von weniger als  $< 2,5$  mm erlaubt. Dies ist darin begründet, dass sein Umformwiderstand in Folge der Absenkung des Mn-Gehaltes gegenüber konventionellen hochmanganhaltigen Stählen deutlich reduziert ist.

**[0032]** Es ist ebenfalls möglich, Mn-Stähle durch Bandgießen herzustellen. Beim Bandgießen sind Warmbanddicken von weniger als 2,0 mm realisierbar.

#### Warmbandglühung

**[0033]** Durch die Glühung des Warmbandes werden die höheren Austenitanteile eingestellt. Danach verringert sich die Festigkeit, und die Bruchdehnung nimmt deutlich zu. Nach der Warmbandglühung wird bis zu 70 % Austenit je nach Analysenkonzentration eingestellt, der für die Verbesserung der Bruchdehnung hauptverantwortlich ist. Da eine Martensitmatrix im ungeglühten Warmband vorliegt, ist es schwierig, es direkt zu Kaltband zu prozessieren. Somit kann eine Warmbandglühung auch dem Zweck dienen, das Warmband für das Kaltwalzen zu entfestigen. Für die Warmbandglühung kommt sowohl eine Haubenglühung als auch eine Durchlaufglühung in Frage.

#### Kaltwalzen und Glühen

**[0034]** Durch Kaltwalzen des geglühten oder des ungeglühten Warmbandes (dann mit optimierter Haspeltemperatur) wird die Banddicke weiter reduziert und die Bandplanheit verbessert. Die nachfolgende Glühung beseitigt die Kaltverfestigung für die Bauteilherstellung und führt zur optimalen Gefügeeinstellung mit erhöhtem Austenitanteil.

#### Oberflächenveredelung

**[0035]** Sowohl das geglühte Warmband als auch das geglühte Kaltband können entweder elektrolytisch oder durch Feuerverzinkung (im Anschluss an die Kaltbandglühung) oder durch sonstige Bandbeschichtung veredelt werden. Es ist ebenfalls möglich, das jeweils erhaltene Stahlband mit einer organischen Beschichtung zu versehen.

Warmformung

5 **[0036]** Das angestrebte Gefüge eines erfindungsgemäßen Stahls mit typischerweise 30 - 100 % Härtingsgefüge (Martensit, angelassener Martensit oder Bainit) und als Rest Austenit kann dadurch erreicht werden, dass der Stahl warmgeformt und abgeschreckt wird.

**[0037]** Auf Grundlage der erfindungsgemäßen Stähle ist es demnach möglich, durch Warmumformung mit anschließender Härtung höchstfeste Bauteile zu erzeugen, deren Restverformungsvermögen aufgrund der Bildung harter, aber vergleichsweise zäher Phasen gegenüber konventionellen hochfesten Stählen signifikant verbessert ist.

10 Ausführungsbeispiele

Beispiel 1

15 **[0038]** Eine Stahlschmelze, die neben Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen (in Gew.-%) 0,1 % C, 10 % Mn, 0,4 % Si, 0,008 % N, 1,6 % Al und 2 % Cr enthält, ist im Strangguss vergossen und bei einer Warmwalzendtemperatur ET von 900°C zu einem Warmband warmgewalzt worden, das anschließend bei einer Haspeltemperatur HT von 650 °C gehaspelt worden ist. Das so erhaltene Warmband wies eine Zugfestigkeit Rm von 1400 MPa und eine Bruchdehnung A80 von 7 % auf. Der Restaustenit-Anteil seines Gefüges betrug 14 %.

20 Beispiel 2

25 **[0039]** Eine Stahlschmelze, die neben Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen (in Gew.-%) 0,1 % C, 10 % Mn, 0,4 % Si, 0,008 % N, 1,6 % Al und 1,6 % Cr enthält, ist in einer Bandgießmaschine zu einem gegossenen Band vergossen und bei einer Warmwalzendtemperatur ET von 900 °C zu einem Warmband warmgewalzt worden, welches anschließend bei einer Haspeltemperatur HT von 650 °C gehaspelt worden ist. Anschließend ist eine Haubenglühung durchgeführt worden. Das so erhaltene Band wies eine Zugfestigkeit Rm von 990 MPa und eine Bruchdehnung A50 von 27,5 % auf. Der Restaustenit des erhaltenen Warmbands betrug nach dem Glühen 60 %.

30 Beispiel 3

35 **[0040]** Ein Warmband, das neben Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen aus (in Gew.-%) 0,1 % C, 7 % Mn, 0,13 % Si, 0,02 % Al, 1,5 % Cr, 0,18 % Ni, 0,13 % Cu, 0,02 % N und 0,079 % V bestand, ist einer Haubenglühung bei einer Glühtemperatur von 650°C über eine Glühzeit von 40 h unterzogen worden. Das geglühte Warmband wies eine Zugfestigkeit Rm von 1030 MPa und eine Bruchdehnung A50 von 23 % auf. Der Austenit-Anteil seines Gefüges betrug 30 %.

Beispiel 4

40 **[0041]** Ein Warmband, das neben Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen (in Gew.-%) 0,1 % C, 7 % Mn, 0,13 % Si, 0,02 % Al, 0,6 % Cr, 0,18 % Ni, 0,13 % Cu, 0,02 % N und 0,079 % V enthält, ist mit einer Gesamtverformung von 50 % kaltgewalzt und anschließend bei einer 680 °C betragenden Glühtemperatur im Durchlauf geglüht worden. Die Zugfestigkeit Rm des erhaltenen Kaltbands betrug 1120 MPa bei einer Bruchdehnung A50 von 21 %. Der Austenit-Anteil des Gefüges betrug 30 %.

45 Beispiel 5

50 **[0042]** Eine Stahlschmelze, die neben Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen (in Gew.-%) 0,11 % C, 5 % Mn, 0,39 % Si, 0,008 % N und 1,5 % Al sowie 0,6 % Cr enthält, ist im Strangguss vergossen und bei einer Warmwalzendtemperatur ET von 900 °C zu einem Warmband warmgewalzt worden, das anschließend bei einer Haspeltemperatur HT von 650 °C gehaspelt worden ist. Das so erhaltene Warmband wies eine Zugfestigkeit Rm von 1345 MPa und eine Bruchdehnung A80 von 5 % auf. Der Restaustenit-Anteil seines Gefüges betrug 5,5 %.

Beispiel 6

55 **[0043]** Das gemäß Beispiel 5 erhaltene Warmband ist über eine Glühzeit von 10 min. einer Warmbandglüfung bei 300 °C unterzogen worden. Das geglühte Warmband wies eine Zugfestigkeit Rm von 1100 MPa bei einer Bruchdehnung A80 von 8 % auf.

## EP 2 383 353 B1

### Beispiel 7

5 **[0044]** Ein entsprechend Beispiel 2 zusammengesetztes Warmband ist über eine Glühzeit von 10 min. einer Warmbandglühung bei 300 °C unterzogen worden. Das geglühte Warmband wies eine Zugfestigkeit Rm von 1300 MPa bei einer Bruchdehnung A80 von 8 % auf.

### Beispiel 8

10 **[0045]** Aus einer Stahlschmelze, die neben Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen (in Gew.-%) 0,12 % C, 7 % Mn, 0,11 % Si, 1,6 % Al, 0,3 % Ni, 0,1 % Cu, 0,007 % N und 0,01 % V und 0,5 % Cr enthielt, ist zu einem gegossenen Band vergossen worden. Das gegossene Band wies eine Zugfestigkeit Rm von 1380 MPa bei einer Bruchdehnung A50 von 6 % auf. Der Anteil des Restaustenits am Gefüge des erhaltenen gegossenen Bands betrug 2 %. Nach einer Haubenglühung betrug seine Zugfestigkeit Rm 1050 MPa und seine Bruchdehnung A50 22 %. Der Anteil des Restaustenits am Gefüge des Bands betrug nach dem Glühen 35 %.

### Beispiel 9

20 **[0046]** Ein Warmband, das neben Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen aus (in Gew.-%) 0,1 % C, 7 % Mn, 0,20 % Si, 0,01 % N und 2,6 % Cr bestand, ist über drei Minuten einer Glühung bei 920 °C unterzogen, anschließend innerhalb von 7 s in ein Abschreckbecken überführt und dort in Wasser abgeschreckt worden. Alternativ wäre auch mit demselben Ergebnis eine Abschreckung in Öl möglich gewesen. Nach dem Abschrecken betrug seine Zugfestigkeit Rm 1450 MPa bei einer Bruchdehnung A80 von 11 %. Das Produkt RmxA80 betrug demnach ca. 16.000 MPa x %. Das Gefüge des auf diese Weise erhaltenen Warmbands bestand aus kubisch verzerrtem  $\alpha$ -Martensit und geringen Volumenanteilen von jeweils ca. 5 % an Austenit und hexagonal verzerrtem  $\epsilon$ -Martensitanteilen.

### Beispiel 10

30 **[0047]** Ein Warmband, das neben Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen (in Gew.-%) 0,1 % C, 7 % Mn, 0,13 % Si, 0,02 % Al, 1,5 % Cr, 0,18 % Ni, 0,13 % Cu, 0,002 % N und 0,08 % V enthielt, ist zu einem Kaltband kaltgewalzt und anschließend feuerverzinkt worden. Das verzinkte Kaltband wies eine Zugfestigkeit Rm von 1300 MPa bei einer Bruchdehnung A50 von 15 % auf. Der Anteil des Restaustenits am Gefüge des erhaltenen gegossenen Bands betrug 20 %.

### Beispiel 11

35 **[0048]** Ein Warmband, das neben Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen (in Gew.-%) 0,08 % C, 8 % Mn, 0,15 % Si, 0,02 % Al, 1 % Cr, 0,2 % Ni, 0,15 % Cu, 0,015 % N und 0,06 % V enthielt, ist zu einem Kaltband kaltgewalzt und anschließend einer Haubenglühung bei einer Glühtemperatur von 550 °C unterzogen worden. Nach der Haubenglühung betrug seine Zugfestigkeit Rm 1080 MPa und seine Bruchdehnung A50 25 %. Der Anteil des Restaustenits am Gefüge des gegossenen Bands lag nach dem Glühen bei 30 %.

### Beispiel 12

45 **[0049]** Ein Stahlblech, das neben Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen (in Gew.-%) 0,05 % C, 0,06 % Si, 1,1 % Cr, 0,01 % N und 10 % Mn enthielt, ist innerhalb von drei Minuten auf 920 °C erwärmt worden. Anschließend ist das Blech innerhalb von 7 s in jeweils ein Abschreckbecken transferiert worden, in dem es in Öl- oder Wasser abgeschreckt worden ist. Der in Öl abgeschreckte Stahl wies eine Zugfestigkeit Rm von 1390 MPa bei einer Bruchdehnung A80 von 12 % auf. Das Produkt Rm\*A betrug dementsprechend 16680 MPa%. Der in Wasser abgeschreckte Stahl wies eine Zugfestigkeit Rm von 1350 MPa bei einer Bruchdehnung A80 von 12 % auf. Das Produkt Rm\*A betrug für den wasserabgeschreckten Stahl dementsprechend 16200 MPa%. Nach der Öl- oder Wasserabschreckung bestand die Mikrostruktur des Stahls aus kubisch verzerrtem  $\alpha$ -Martensit und geringen Volumengehalten aus zähem Austenit (ca. 4 %) sowie hexagonal verzerrten  $\epsilon$ -Martensit (ca. 6 %).

### Beispiel 13

55 **[0050]** Ein Stahlblech, das neben Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen (in Gew.-%) 0,05 % C, 10 % Mn, 0,06 % Si, 0,009 % N, 1,1 % Cr und 1 % Ni enthielt, ist innerhalb von drei Minuten auf 920 °C erwärmt worden. Anschließend ist das Blech innerhalb von 7 s in jeweils ein Abschreckbecken transferiert worden, in dem es in Öl- oder Wasser

## EP 2 383 353 B1

abgeschreckt worden ist. Der in Öl abgeschreckte Stahl wies eine Zugfestigkeit  $R_m$  von 1315 MPa bei einer Bruchdehnung A80 von 12,1 % auf. Das Produkt  $R_m \cdot A$  betrug dementsprechend 15910 MPa%. Der in Wasser abgeschreckte Stahl wies eine Zugfestigkeit  $R_m$  von 1285 MPa bei einer Bruchdehnung A80 von 12,3 %. Für den wasserabgeschreckten Stahl betrug das Produkt  $R_m \cdot A$  demnach 15810 MPa%. Nach Öl- oder Wasserabschreckung bestand die Mikrostruktur des Stahls aus kubisch verzerrtem  $\alpha$ -Martensit und geringen Volumengehalten aus zähem Austenit (ca. 7 %) sowie hexagonal verzerrten  $\varepsilon$ -Martensit (ca. 5 %).

Beispiel 14

**[0051]** Ein Stahlblech, das neben Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen (in Gew.-%) 0,1 % C, 10 % Mn, 0,06 % Si, 0,009 % N, 1,1 % Cr und 1,5 % Al enthielt, ist innerhalb von drei Minuten auf 920 °C erwärmt worden. Anschließend ist das Blech innerhalb von 7 s in jeweils ein Abschreckbecken transferiert worden, in dem es in Öl- oder Wasser abgeschreckt worden ist. Der in Öl abgeschreckte Stahl wies eine Zugfestigkeit  $R_m$  von 1350 MPa bei einer Bruchdehnung A80 von 10,8 % auf. Das Produkt  $R_m \cdot A$  betrug dementsprechend 14580 MPa%. Der in Wasser abgeschreckte Stahl wies eine Zugfestigkeit  $R_m$  von 1350 MPa bei einer Bruchdehnung A80 von 10,6 %. Für den wasserabgeschreckten Stahl betrug das Produkt  $R_m \cdot A$  demnach 14310 MPa%. Nach der Öl- oder Wasserabschreckung bestand die Mikrostruktur des Stahls aus kubisch verzerrtem  $\alpha$ -Martensit und geringen Volumengehalten aus zähem Austenit (ca. 12 %).

**[0052]** Insgesamt wird durch die erfindungsgemäße Vorgehensweise eine gegenüber dem Stand der Technik für warmumgeformte höchstfeste Materialien verbesserte Kombination aus Bauteilfestigkeit und Restverformungsvermögen erzielt, welche durch hohe Werte des Produkts aus Zugfestigkeit und jeweiliger Bruchdehnung charakterisiert ist.

### Patentansprüche

1. Stahl Flachprodukt mit einer Dicke von höchstens 2,5 mm sowie einer mindestens 4 % betragenden Bruchdehnung A80 und einer 900 - 1500 MPa betragenden Zugfestigkeit  $R_m$ , der neben Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen aus (in Gew.-%)

C: 0,02 - 0,5 %,

Mn: 5 - 12,0 %,

Si: 0,05 - 1,0 %,

Al: bis zu 3,0 %,

Cr: 0,1 - 4,0 %,

Cu: bis zu 2,0 %,

Ni: bis zu 2,0 %,

N: bis zu 0,05 %,

P: bis zu 0,05 %,

S: bis zu 0,01 %

und

optional einem Element oder mehreren Elementen aus der Gruppe "V, Nb, Ti", wobei die Summe der Gehalte an diesen Elementen höchstens gleich 0,5 % ist, besteht, wobei das Gefüge des Stahls zu 30 - 100 % aus Härtingsgefüge (Martensit, angelassener Martensit oder Bainit) besteht, während der Rest des Gefüges austenitisch ist.

2. Stahl Flachprodukt nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sein C-Gehalt mindestens 0,03 Gew.-% beträgt.

3. Stahl Flachprodukt nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sein Mn-Gehalt höchstens 10 Gew.-% beträgt.

4. Stahl Flachprodukt nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sein Mn-Gehalt weniger als 9,5 Gew.-% beträgt.

5. Stahl Flachprodukt nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sein Si-Gehalt höchstens 0,5 Gew.-% beträgt.

6. Stahl Flachprodukt nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sein Al-Gehalt höchstens 2 Gew.-% beträgt.



## EP 2 383 353 B1

7. Stahlflachprodukt nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sein Cr-Gehalt mindestens 0,5 Gew.-% beträgt.
- 5 8. Stahlflachprodukt nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sein Cr-Gehalt mindestens 1 Gew.-% beträgt.
9. Stahlflachprodukt nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sein Cr-Gehalt höchstens 3 Gew.-% beträgt.
- 10 10. Stahlflachprodukt nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sein Cr-Gehalt höchstens 2 Gew.-% beträgt.
11. Stahlflachprodukt nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sein Cu-Gehalt höchstens 1 Gew.-% beträgt.
- 15 12. Stahlflachprodukt nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sein Ni-Gehalt höchstens 1 Gew.-% beträgt.
- 20 13. Stahlflachprodukt nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sein N-Gehalt mindestens 0,0025 Gew.-% beträgt.
14. Stahlflachprodukt nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sein N-Gehalt höchstens 0,03 Gew.-% beträgt.
- 25 15. Stahlflachprodukt nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Summe der Gehalte der optional vorhandenen Elemente aus der Gruppe "V, Nb, Ti" höchstens gleich 0,3 Gew.-% ist.
- 30 16. Stahlflachprodukt nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der optional vorhandene Gehalt an Ti höchstens gleich 0,15 Gew.-% ist.
17. Verfahren zur Herstellung eines gemäß einem der Ansprüche 1 bis 16 beschaffenen Stahlflachprodukts, umfassend folgende Arbeitsschritte:
- 35 - Erschmelzen einer Stahlschmelze, die neben Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen aus (in Gew.-%)
- C: 0,02 - 0,5 %,  
Mn: 5 - 12,0 %,  
Si: 0,05 - 1,0 %,  
Al: bis zu 3,0 %, 40  
Cr: 0,1 - 4,0 %,  
Cu: bis zu 2,0 %,  
Ni: bis zu 2,0 %,  
N: bis zu 0,05 %, 45  
P: bis zu 0,05 %,  
S: bis zu 0,01 %, 50  
und optional einem Element oder mehreren Elementen aus der Gruppe "V, Nb, Ti", wobei die Summe der Gehalte an diesen Elementen höchstens gleich 0,5 % ist, besteht,
- Erzeugen eines Ausgangsprodukts für ein anschließendes Warmwalzen, indem die Stahlschmelze zu einem Strang, von dem mindestens eine Bramme oder Dünnbramme als Ausgangsprodukt für das Warmwalzen abgeteilt wird, oder zu einem gegossenen Band vergossen wird, das als Ausgangsprodukt dem Warmwalzen zugeführt wird,
- 55 - Wärmebehandeln des Ausgangsprodukts, um das Ausgangsprodukt auf eine Warmwalzstarttemperatur von 1150 - 1000 °C zu bringen,  
- Warmwalzen des Ausgangsprodukts zu einem Warmband mit einer Dicke von höchstens 2,5 mm, wobei das Warmwalzen bei einer 1050 - 800 °C betragenden Warmwalzendtemperatur beendet wird,  
- Haspeln des Warmbands zu einem Coil bei einer Haspeltemperatur von  $\leq 700$  °C,

## EP 2 383 353 B1

- wobei sich an das Haspeln jeweils optional die folgenden Arbeitsschritte anschließen können:

- Glühen des Warmbands bei einer 250 - 950 °C betragenden Warmbandglühtemperatur,
- Kaltwalzen des geglühten Warmbands in einem Schritt oder in mehreren Schritten zu einem Kaltband mit einer Dicke von höchstens 60 % der Dicke des Warmbands,
- Glühen des Kaltbands bei einer 450 - 950 °C betragenden Kaltbandglühtemperatur,
- Beschichten der Oberfläche des Warmbands oder des Kaltbands mit einem metallischen Korrosionsschutzüberzug,
- Beschichten der Oberfläche des Warmbands oder des Kaltbands mit einem organischen Überzug.

### Claims

1. Flat steel product having a thickness of a maximum of 2.5 mm and an elongation at break A80 which is at least 4% and a tensile strength Rm which is from 900 to 1500 MPa and which in addition to iron and inevitable impurities comprises (in % by weight)

C: 0.02 - 0.5%,

Mn: 5 - 12.0%,

Si: 0.05 - 1.0%,

Al: up to 3.0%,

Cr: 0.1 - 4.0%,

Cu: up to 2.0%,

Ni: up to 2.0%,

N: up to 0.05%,

P: up to 0.05%,

S: up to 0.01%

and optionally one or more elements from the group "V, Nb, Ti", wherein the sum of the contents of these elements is at a maximum equal to 0.5%,

wherein the structure of the steel consists of 30 to 100% of hardening structure (martensite, tempered martensite or bainite), whilst the remainder of the structure is austenitic.

2. Flat steel product according to claim 1, **characterised in that** the C content thereof is at least 0.03% by weight.

3. Flat steel product according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the Mn content thereof is a maximum of 10% by weight.

4. Flat steel product according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the Mn content thereof is less than 9.5% by weight.

5. Flat steel product according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the Si content thereof is a maximum of 0.5% by weight.

6. Flat steel product according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the Al content thereof is a maximum of 2% by weight.

7. Flat steel product according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the Cr content thereof is at least 0.5% by weight.

8. Flat steel product according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the Cr content thereof is at least 1% by weight.

9. Flat steel product according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the Cr content thereof is a maximum of 3% by weight.

10. Flat steel product according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the Cr content thereof is a maximum of 2% by weight.

## EP 2 383 353 B1

11. Flat steel product according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the Cu content thereof is a maximum of 1% by weight.
- 5 12. Flat steel product according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the Ni content thereof is a maximum of 1% by weight.
13. Flat steel product according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the N content thereof is at least 0.0025% by weight.
- 10 14. Flat steel product according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the N content thereof is a maximum of 0.03% by weight.
- 15 15. Flat steel product according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the sum of the contents of the optionally present elements from the group "V, Nb, Ti" is at a maximum equal to 0.3% by weight.
16. Flat steel product according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the optionally present content of Ti is at a maximum equal to 0.15% by weight.
- 20 17. Method for producing a flat steel product constituted according to any one of claims 1 to 16, comprising the following operating steps:

- melting a steel melt which in addition to iron and inevitable impurities comprises (in % by weight)

25 C: 0.02 - 0.5%,

Mn: 5 - 12.0%,

Si: 0.05 - 1.0%,

Al: up to 3.0%,

Cr: 0.1 - 4.0%,

30 Cu: up to 2.0%,

Ni: up to 2.0%,

N: up to 0.05%,

P: up to 0.05%,

S: up to 0.01%

35 and optionally one or more elements from the group "V, Nb, Ti", wherein the sum of the contents of these elements is at a maximum equal to 0.5%,

- producing a starting product for a subsequent hot rolling operation by the steel melt being cast to form a billet, from which at least one slab or thin slab is divided off as a starting product for the hot rolling or to form a cast strip, which is supplied as a starting product to the hot rolling operation,

40 - heat treating the starting product in order to bring the starting product to a hot rolling starting temperature of 1150 to 1000°C,

- hot rolling the starting product to form a hot strip having a thickness of a maximum of 2.5 mm, wherein the hot rolling is terminated at a hot rolling end temperature of 1050 to 800°C,

- reeling the hot strip to form a coil at a reeling temperature of  $\leq 700^\circ\text{C}$ ,

45 - wherein the following operating steps may optionally follow the reeling:

- annealing the hot strip at a hot strip annealing temperature of 250 to 950°C,

- cold-rolling the annealed hot strip in one step or in several steps to form a cold strip having a thickness of a maximum of 60% of the thickness of the hot strip,

50 - annealing the cold strip at a cold strip annealing temperature which is from 450 to 950°C,

- coating the surface of the hot strip or the cold strip with a metal corrosion protection coating,

- coating the surface of the hot strip or the cold strip with an organic coating.

### 55 Revendications

1. Produit plat en acier avec une épaisseur n'excédant pas 2,5 mm et un allongement à la rupture A80 d'au moins 4 % et une résistance à la traction Rm de 900 - 1 500 MPa qui est constitué, en plus du fer et des impuretés inévitables,

## EP 2 383 353 B1

des éléments suivants (en % en poids) :

C : 0,02 - 0,5 %,  
Mn : 5 - 12,0%,  
Si : 0,05 - 1,0 %,  
Al : jusqu'à 3,0 %,  
Cr : 0,1 - 4,0%,  
Cu : jusqu'à 2,0 %,  
Ni : jusqu'à 2,0 %,  
N : jusqu'à 0,05 %,  
P : jusqu'à 0,05 %,  
S : jusqu'à 0,01 %

et

optionnellement d'un élément ou de plusieurs éléments sélectionnés dans le groupe « V, Nb, Ti », la somme des teneurs de ces éléments étant tout au plus égale à 0,5 %, la structure de l'acier étant constituée de 30 à 100 % d'une structure de durcissement (martensite, martensite revenue, bainite), tandis que le reste de la structure est austénitique.

2. Produit plat en acier selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** sa teneur en C est au moins de 0,03 % en poids.
3. Produit plat en acier selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** sa teneur en Mn est tout au plus de 10 % en poids.
4. Produit plat en acier selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** sa teneur en Mn est inférieure à 9,5 % en poids.
5. Produit plat en acier selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** sa teneur en Si est tout au plus de 0,5 % en poids.
6. Produit plat en acier selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** sa teneur en Al est tout au plus de 2 % en poids.
7. Produit plat en acier selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** sa teneur en Cr est au moins de 0,5 % en poids.
8. Produit plat en acier selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** sa teneur en Cr est au moins de 1 % en poids.
9. Produit plat en acier selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** sa teneur en Cr est tout au plus de 3 % en poids.
10. Produit plat en acier selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** sa teneur en Cr est tout au plus de 2 % en poids.
11. Produit plat en acier selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** sa teneur en Cu est tout au plus de 1 % en poids.
12. Produit plat en acier selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** sa teneur en Ni est tout au plus de 1 % en poids.
13. Produit plat en acier selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** sa teneur en N est au moins de 0,0025 % en poids.
14. Produit plat en acier selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** sa teneur en N est tout au plus de 0,03 % en poids.
15. Produit plat en acier selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la somme des teneurs des éléments optionnellement présents du groupe constitué par « V, Nb, Ti » est tout au plus égale à 0,3 % en poids.

## EP 2 383 353 B1

16. Produit plat en acier selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la teneur en Ti présente optionnellement est tout au plus égale à 0,15 % en poids.

5 17. Procédé de fabrication d'un produit plat en acier constitué conformément à l'une des revendications 1 à 16, comportant les étapes de travail suivantes :

- Fusion d'une masse d'acier qui est constitué, en plus du fer et des impuretés inévitables, des éléments suivants (en % en poids) :

10 C : 0,02 - 0,5 %,

Mn : 5 - 12,0 %,

Si : 0,05 - 1,0 %,

Al : jusqu'à 3,0 %,

Cr : 0,1 - 4,0 %,

15 Cu : jusqu'à 2,0 %,

Ni : jusqu'à 2,0 %,

N : jusqu'à 0,05 %,

P : jusqu'à 0,05 %,

S : jusqu'à 0,01 %

20 et optionnellement d'un élément ou de plusieurs éléments sélectionnés dans le groupe « V, Nb, Ti », la somme des teneurs de ces éléments étant tout au plus égale à 0,5 %,

25 - Production d'un produit de départ pour un laminage à chaud consécutif, en ce que l'acier en fusion est coulé en un toron dont au moins une brame ou une brame mince est séparée en tant que produit de départ pour le laminage à chaud, ou est coulé en une bande obtenue par coulée, la bande étant amenée en tant que produit de départ au laminage à chaud,

- Traitement thermique du produit de départ afin d'amener le produit de départ à une température de début de laminage à chaud de 1 150 - 1 000 °C,

30 - Laminage à chaud du produit de départ en une bande à chaud avec une épaisseur tout au plus de 2,5 mm, le laminage à chaud étant achevé à une température finale de laminage à chaud de 1 050 - 800 °C,

- Embobinage de la bande à chaud en une bobine à une température d'embobinage  $\leq 700$  °C,

- Les étapes de travail suivantes pouvant être chacune au choix consécutives à l'embobinage :

35 - Recuit de la bande à chaud à une température de recuit de la bande à chaud de 250 - 950 °C,

- Laminage à froid de la bande à chaud recuite dans une étape ou plusieurs étapes en une bande à froid avec une épaisseur étant tout au plus de 60 % de celle de la bande à chaud,

- Recuit de la bande à froid à une température de recuit de 450 - 950 °C,

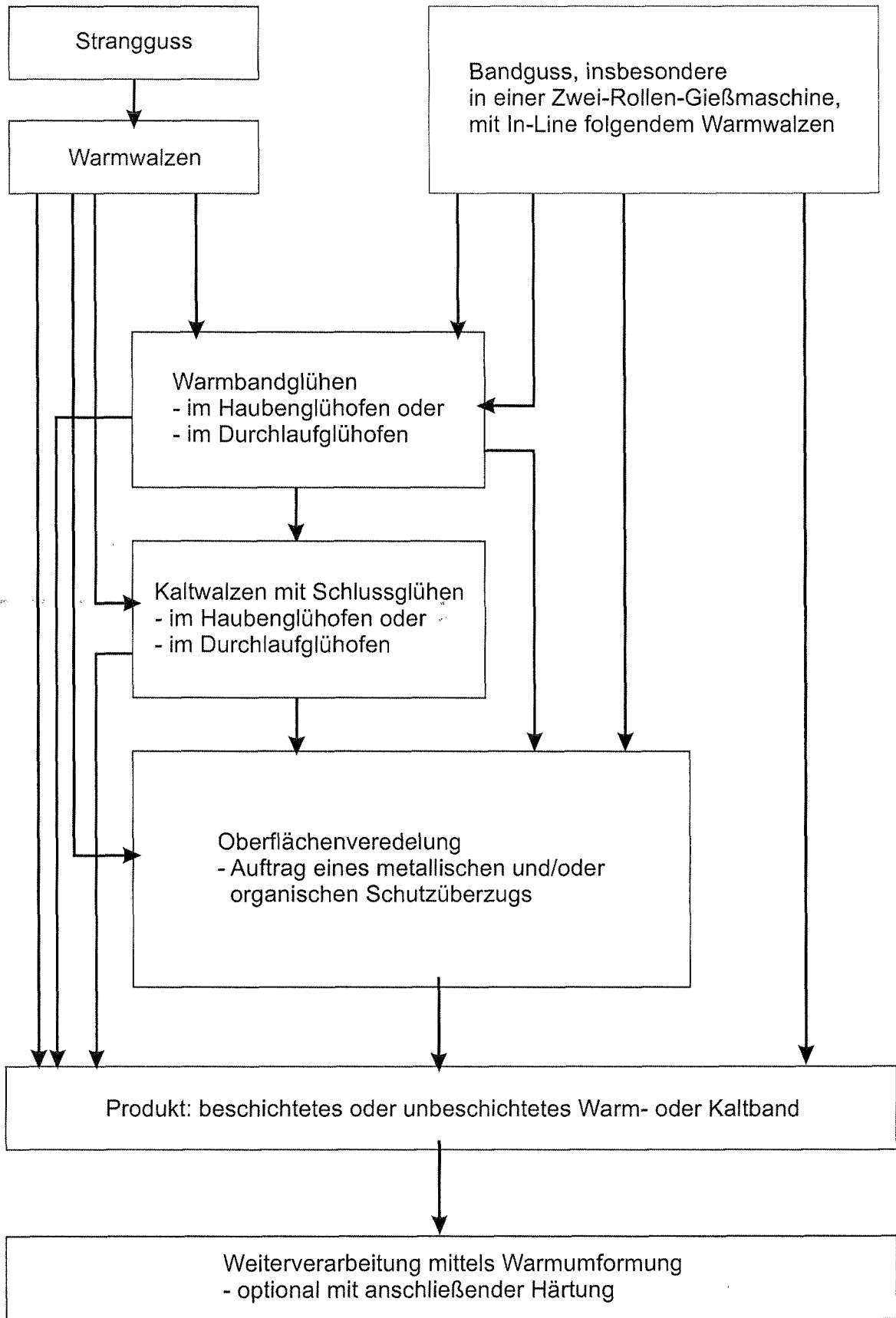
- Revêtement de la surface de la bande à chaud ou de la bande à froid avec un revêtement anticorrosif métallique,

40 - Revêtement de la surface de la bande à chaud ou de la bande à froid avec un revêtement organique.

45

50

55



**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- WO 2007000156 A1 [0005]
- WO 2005061152 A1 [0006] [0007]
- EP 0425058 A1 [0009]