

(19)



(11)

EP 2 905 348 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
12.08.2015 Patentblatt 2015/33

(21) Anmeldenummer: **14154354.6**

(22) Anmeldetag: **07.02.2014**

(51) Int Cl.:
C21D 9/46 (2006.01) **C22C 38/00** (2006.01)
C22C 38/02 (2006.01) **C22C 38/04** (2006.01)
C22C 38/06 (2006.01) **C22C 38/12** (2006.01)
C22C 38/18 (2006.01) **C22C 38/22** (2006.01)
C22C 38/32 (2006.01) **C22C 38/20** (2006.01)
C22C 38/24 (2006.01) **C22C 38/40** (2006.01)

(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**
 Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(71) Anmelder: **ThyssenKrupp Steel Europe AG
47166 Duisburg (DE)**

(72) Erfinder:
 • **Kern, Prof. Dr.-Ing. Andreas
 40885 Ratingen (DE)**

- **Schaffnit, Elena
40489 Düsseldorf (DE)**
- **Tschersich, Hans-Joachim
46282 Dorsten (DE)**

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

(54) **Hochfestes Stahlflachprodukt mit bainitisch-martensitischem Gefüge und Verfahren zur Herstellung eines solchen Stahlflachprodukts**

(57) Ein erfindungsgemäßes Stahlflachprodukt, das nicht nur optimale mechanische Eigenschaften, wie eine hohe Festigkeit bei gleichzeitig guter Zähigkeit, besitzt, sondern auch eine gute Schweißeignung aufweist, weist im warmgewalzten Zustand ein ferritfreies Gefüge, das zu ≥ 95 Vol.-% aus Martensit und Bainit mit einem Martensitanteil ≥ 5 Vol.-% und in Summe ≤ 5 Vol.-% Restaustenit sowie herstellungsbedingt unvermeidbaren Gefügebestandteilen besteht. Neben Fe und unvermeidbaren Verunreinigungen enthält das erfindungsgemäße Stahlflachprodukt zudem (in Gew.-%) 0,08 - 0,10 % C, 0,015 - 0,50 % Si, 1,20 - 2,00 % Mn, 0,020 - 0,040 % Al, 0,30

- 1,00 % Cr, 0,20 - 0,30 % Mo, 0,020 - 0,030 % Nb, 0,0015 - 0,0025 % B, bis zu 0,025 % P, bis zu 0,010 % S, bis zu 0,006 % N, insbesondere 0,001 - 0,006 % N. Zu den Verunreinigungen zählen bis zu 0,12 % Cu, bis zu 0,090 % Ni, bis zu 0,0030 % Ti, bis zu 0,009 % V, bis zu 0,0090 % Co, bis zu 0,004 % Sb und bis zu 0,0009 % W. Die Erfindung stellt zusätzlich ein Verfahren zur Verfügung, mit dem sich ein erfindungsgemäßes Stahlflachprodukt betriebssicher und mit vermindertem Aufwand herstellen lässt.

Die Zusammenfassung soll ohne Figur veröffentlicht werden.

EP 2 905 348 A1

Beschreibung

- 5 [0001] Die Erfindung betrifft ein hochfestes Stahlflachprodukt mit einem ferritfreien Gefüge, das zum überwiegenden Teil aus Martensit und Bainit besteht, wobei im Gefüge zusätzlich geringe Mengen an Restaustenit vorhanden sein können.
- [0002] Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Herstellen eines erfindungsgemäßen Stahlflachprodukts.
- [0003] Bei Stahlflachprodukten der hier in Rede stehenden Art handelt es sich typischerweise um Walzprodukte, wie Stahlbänder oder Bleche sowie daraus hergestellte Zuschnitte und Platinen.
- 10 [0004] Alle Angaben zu Gehalten der in der vorliegenden Anmeldung angegebenen Stahlzusammensetzungen sind auf das Gewicht bezogen, sofern nicht ausdrücklich anders erwähnt. Alle nicht näher bestimmten, im Zusammenhang mit einer Stahllegierung stehenden "%-Angaben" sind daher als Angaben in "Gew.-%" zu verstehen.
- [0005] Hochfeste Bandbleche haben eine wachsende Bedeutung, da heute nicht nur technische Leistungsfähigkeit, sondern auch Ressourceneffizienz und Klimaschutz eine wichtige Rolle spielen. Die Reduzierung des Eigengewichts einer Stahlkonstruktion kann durch die Steigerung der Festigkeitseigenschaften erreicht werden.
- 15 [0006] Neben hoher Festigkeit haben hochfeste Stahlbänder und -bleche hohe Anforderungen an die Zähigkeitseigenschaften und den Sprödbbruchwiderstand, an das Verhalten beim Kaltumformen und an die Schweißeignung zu erfüllen.
- [0007] Die konventionelle Herstellung der höchstfesten Stähle besteht aus Walzen und Vergüten. Dabei werden bei der Herstellung von hochfesten Flachprodukten, die eine Mindeststreckgrenze von 900 MPa besitzen, zunächst Brammen aus einer geeignet zusammengesetzten Stahlschmelze gegossen. Die Brammen werden dann zu Blechen oder Bändern warmgewalzt, welche anschließend an Luft abgekühlt werden. Die so erhaltenen Stahlflachprodukte besitzen ein ferritisch-perlitisches Gefüge. Um das gewünschte martensitisch-bainitische Gefüge einzustellen, werden die Stahlflachprodukte anschließend auf eine Temperatur oberhalb der Ac3-Temperatur erwärmt und mit Wasser abgeschreckt.
- 20 [0008] Zur Einstellung der Zähigkeit muss bei der konventionellen Vorgehensweise das Härtungsgefüge in einem weiteren Schritt einer Anlassbehandlung unterzogen werden. Der konventionelle Herstellprozess erfordert somit mehrere Stufen, um die geforderten mechanischen Eigenschaften des zu erzeugenden Stahlflachprodukts zu erreichen. Die mit der konventionellen Herstellweise verbundene große Zahl von Arbeitsschritten führt zu vergleichbar hohen Herstellkosten. Gleichzeitig sind trotz der aufwändigen Prozesskette die Zähigkeitseigenschaften und die Oberflächenqualität der auf konventionellem Wege erzeugten hochfesten Stahlflachprodukte häufig nicht optimal.
- 25 [0009] Aus der EP 1 669 470 A1 ist ein warmgewalztes Stahlblech mit einer Stahlzusammensetzung bekannt, die (in Gew.-%) 0,01 - 0,2 Gew.-% C, 0,01 - 2 % Si, 0,1 - 2 Mn, bis zu 0,1 % P, bis zu 0,03 % S, 0,001 - 0,1 % Al, bis zu 0,01 % N und als Rest Fe und unvermeidbare Verunreinigungen enthält. Dabei weist das Stahlflachprodukt eine im Wesentlichen homogen und kontinuierlich gekühlte Mikrostruktur mit einer mittleren Korngröße von 8 μm bis 30 μm auf. Um dies zu erreichen, wird eine Bramme mit der voranstehend angegebenen Zusammensetzung vorgewalzt. Die erhaltene vorgewalzte Bramme wird dann bei einer mindestens 50 °C oberhalb der Ar3-Temperatur des Stahls liegenden Warmwalzendtemperatur zu einem Warmband fertig warmgewalzt. Anschließend wird das fertig warmgewalzte Warmband nach einer Pause von mindestens 0,5 Sekunden mit einer Abkühlgeschwindigkeit von wenigstens 80 °C/sec von der Ar3-Temperatur auf eine weniger als 500 °C betragende Haspeltemperatur abgekühlt und schließlich zu einem Coil gewickelt.
- 30 [0010] Aus der WO 03/031669 A1 ist des Weiteren ein hochfestes dünnes Stahlblech bekannt, das tiefziehfähig ist und dabei eine ausgezeichnete Formhaltigkeit besitzt. Darüber hinaus ist in dieser Veröffentlichung ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Stahlflachprodukts beschrieben. Das betreffende Stahlblech zeichnet sich durch ein bestimmtes Verhältnis der Röntgenintensitäten bestimmter kristallografischer Orientierungen aus und weist eine bestimmte Rauigkeit Ra sowie einen bestimmten Reibungskoeffizient der Stahlblechoberfläche bei bis zu 200 °C auf und besitzt einen Schmiermitteleffekt. Zur Herstellung solcher Stahlflachprodukte wird ein in geeigneter Weise zusammengesetztes Warmband durch Warmwalzen mit einem Gesamtreduktionsverhältnis von mindestens 25 % bei einer Temperatur, die in einem Bereich zwischen der Ar3-Temperatur und der Ar3-Temperatur + 100 °C liegt, erzeugt. Bei allen gemäß diesem Verfahren hergestellten Stahlflachprodukten ist Ferrit im Gefüge vorhanden.
- 35 [0011] Vor dem Hintergrund des voranstehend erläuterten Standes der Technik bestand die Aufgabe der Erfindung darin, ein Stahlflachprodukt zu schaffen, das sich mit vermindertem Aufwand herstellen lässt und dabei nicht nur optimale mechanische Eigenschaften, wie eine hohe Festigkeit bei gleichzeitig guter Zähigkeit, besitzt, sondern auch eine gute Schweißeignung aufweist.
- [0012] Darüber hinaus sollte ein Verfahren zur kostengünstigen und betriebssicheren Herstellung eines solchen Stahlflachprodukts angegeben werden.
- 40 [0013] In Bezug auf das Stahlflachprodukt ist diese Aufgabe dadurch gelöst worden, dass ein solches Produkt die in Anspruch 1 angegebenen Merkmale besitzt.
- [0014] In Bezug auf das Verfahren besteht die erfindungsgemäße Lösung der voranstehend angegebenen Aufgabe
- 45
- 50
- 55

darin, dass bei der Herstellung erfindungsgemäßer Stahlflachprodukte die in Anspruch 6 aufgezählten Arbeitsschritte durchlaufen werden.

[0015] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen genannt und werden nachfolgend wie der allgemeine Erfindungsgedanke im Einzelnen erläutert.

[0016] Ein erfindungsgemäßes Stahlflachprodukt hat im warmgewalzten Zustand ein Gefüge, das keinen Ferrit aufweist, sondern zu mindestens 95 Vol.-% aus Martensit und Bainit mit einem Martensitanteil von mindestens 5 Vol.-% besteht. Im Gefüge eines erfindungsgemäßen Stahlflachprodukts sind in Summe bis zu 5 Vol.-% Restaustenit sowie herstellungsbedingt unvermeidbare Gefügebestandteile zugelassen.

[0017] Dabei enthält ein erfindungsgemäßes Stahlflachprodukt neben Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen (in Gew.-%) 0,08 - 0,10 % C, 0,015 - 0,50 % Si, 1,20 - 2,00 % Mn, 0,020 - 0,040 % Al, 0,30 - 1,00 % Cr, 0,20 - 0,30 % Mo, 0,020 - 0,030 % Nb, 0,0015 - 0,0025 % B, bis zu 0,025 % P, bis zu 0,010 % S, bis zu 0,006 % N, insbesondere 0,001 - 0,006 % N. Zu den Verunreinigungen zählen bis zu 0,12 % Cu, bis zu 0,090 % Ni, bis zu 0,0030 % Ti, bis zu 0,009 % V, bis zu 0,0090 % Co, bis zu 0,004 % Sb und bis zu 0,0009 % W.

[0018] Ein erfindungsgemäßes Stahlflachprodukt weist im warmgewalzten Zustand eine Mindeststreckgrenze von 900 MPa bei gleichzeitig guter Bruchdehnung auf. Typischerweise liegen die Streckgrenzen erfindungsgemäßer Stahlflachprodukte im Bereich von 900 - 1200 MPa. Die Bruchdehnung beträgt typischerweise mindestens 8 % und die Zugfestigkeit beträgt typischerweise 950 - 1300 MPa. Die Kerbschlagarbeit bei -20°C liegt ebenso typischerweise im Bereich von 65 - 115 J. Bei -40°C beträgt die Kerbschlagarbeit bei erfindungsgemäßen Stahlflachprodukten typischerweise 40 - 120 J.

[0019] Diese Eigenschaftskombination macht erfindungsgemäße Stahlflachprodukte besonders für den Leichtbau im Bereich der Nutzfahrzeugfertigung oder anderen Anwendungen geeignet, bei denen der jeweilige Baukörper bei geringem Eigengewicht hohe Kräfte aufnehmen muss, die statisch oder dynamisch wirken.

[0020] Ein wesentlicher Vorteil der Erfindung gegenüber dem bekannten Stand der Technik besteht dabei darin, dass ein erfindungsgemäßes Stahlflachprodukt die hohe Festigkeit und gute Zähigkeit im Warmwalzzustand ohne zusätzliche Wärmebehandlung erreicht.

[0021] Das in der voranstehend beschriebenen Weise optimierte Eigenschaftsspektrum wird dadurch erreicht, dass erfindungsgemäßer Stahl ein Gefüge aus Bainit und mindestens 5 Vol.-% Martensit besitzt, jedoch keinen Ferrit aufweist. Der Martensitanteil im Gefüge des erfindungsgemäßen Stahls trägt dabei entscheidend zu dessen Festigkeit bei.

[0022] Gleichzeitig ist das Gefüge des erfindungsgemäßen Stahlflachprodukts feinkörnig und gewährleistet so eine gute Bruchdehnung und Zähigkeit. So beträgt die mittlere Korngröße des Gefüges maximal 20 µm.

[0023] Voraussetzung für die optimierte Eigenschaftskombination eines erfindungsgemäßen Stahlflachprodukts ist eine in erfindungsgemäßer Weise entsprechend den nachfolgenden Maßgaben und Erläuterungen abgestimmte Stahlzusammensetzung:

C: Ein erfindungsgemäßes Stahlflachprodukt enthält mindestens 0,08 Gew.-% Kohlenstoff, damit die gewünschten Festigkeitseigenschaften erzielt werden. Gleichzeitig ist der Kohlenstoffgehalt auf höchstens 0,10 Gew.-% beschränkt, um negative Einflüsse auf die Zähigkeitseigenschaften, die Schweißbarkeit und die Umformbarkeit zu vermeiden.

Si: Silizium dient einerseits bei der Erzeugung des Stahls, aus dem ein erfindungsgemäßes Stahlflachprodukt besteht, als Desoxidationsmittel. Andererseits trägt es zur Steigerung der Festigkeitseigenschaften bei. Um dies zu erreichen, sind mindestens 0,015 Gew.-% Si im erfindungsgemäßen Stahlflachprodukt erforderlich. Wenn der Siliziumgehalt zu hoch ist, werden jedoch die Zähigkeitseigenschaften und die Zähigkeit in der Wärmeeinflusszone bzw. Schweißbarkeit stark beeinträchtigt. Aus diesem Grund sollte der Si-Gehalt bei einem erfindungsgemäßen Stahlflachprodukt die Obergrenze von 0,50 Gew.-% nicht überschreiten. Negative Einflüsse der Anwesenheit von Si auf die Oberflächenqualität können dabei dadurch sicher vermieden werden, dass der Si-Gehalt auf höchstens 0,25 Gew.-% beschränkt wird.

Mn: Mangan in Gehalten von 1,20 - 2,0 Gew.-% trägt dazu bei, dass das erfindungsgemäße Stahlflachprodukt die gewünschten Festigkeitseigenschaften bei guten Zähigkeitseigenschaften hat. Wenn der Mn-Gehalt weniger als 1,20 Gew.-% beträgt, so werden die Festigkeitseigenschaften nicht erreicht. Überschreitet der maximale Mangangehalt 2,0 Gew.-%, so besteht die Gefahr, dass die Schweißbarkeit, die Zähigkeitseigenschaften, die Umformbarkeit und das Seigerungsverhalten verschlechtert werden.

P: Höhere Gehalte an dem Begleitelement Phosphor würden die Kerbschlagarbeit und Umformbarkeit eines erfindungsgemäßen Stahlflachprodukts verschlechtern. Daher ist der Phosphorgehalt auf höchstens 0,025 Gew.-% beschränkt. Negative Einflüsse der Anwesenheit von P sind dabei dann besonders sicher ausgeschlossen, wenn der P-Gehalt auf weniger als 0,015 Gew.-% beschränkt ist.

EP 2 905 348 A1

- 5 S: Auch durch höhere S-Gehalte kann die Kerbschlagarbeit und Umformbarkeit eines erfindungsgemäßen Stahlflachprodukts in Folge der Bildung von MnS beeinträchtigt werden. Aus diesem Grund ist der Schwefelgehalt eines erfindungsgemäßen Stahlflachprodukts auf höchstens 0,010 Gew.-%, insbesondere weniger als 0,010 Gew.-%, beschränkt, wobei negative Einflüsse von S dann besonders sicher ausgeschlossen sind, wenn der S-Gehalt auf höchstens 0,003 Gew.-% beschränkt ist. Die Entschwefelung kann während der Stahlerzeugung in bekannter Weise beispielsweise durch eine CaSi-Behandlung bewirkt werden.
- 10 Al: Aluminium wird bei der Erschmelzung des Stahls, aus dem ein erfindungsgemäßes Stahlflachprodukt besteht, als Desoxidationsmittel verwendet und behindert infolge von AlN-Bildung die Vergrößerung des Austenitkorns beim Austenitisieren. Auf diese Weise unterstützt die Anwesenheit von Al in den erfindungsgemäß vorgegebenen Mengen die Entstehung eines feinkörnigen, den mechanischen Eigenschaften eines erfindungsgemäßen Stahlflachprodukts zu Gute kommenden Gefüges. Liegt der Aluminiumgehalt unter 0,020 Gew.-%, so laufen die erforderlichen Desoxidationsprozesse nicht vollständig ab. Übersteigt der Aluminiumgehalt jedoch die Obergrenze von 0,040 Gew.-%, können sich Al₂O₃-Einschlüsse bilden. Diese würden sich wiederum negativ auf den Reinheitsgrad und die Zähigkeitseigenschaften des Stahlwerkstoffs auswirken, aus denen ein erfindungsgemäßes Stahlflachprodukt jeweils besteht.
- 15 N: Das Begleitelement Stickstoff bildet zusammen mit Al Aluminiumnitrid. Wenn jedoch der Stickstoffgehalt zu hoch ist, werden die Zähigkeitseigenschaften verschlechtert. Um die vorteilhafte Wirkung von N zu nutzen, können im Stahl mindestens 0,001 Gew.-% N vorgesehen sein. Um gleichzeitig negative Einflüsse zu vermeiden, ist bei einem erfindungsgemäßen Stahlflachprodukt die Obergrenze der N-Gehalte auf 0,006 Gew.-% festgesetzt worden.
- 20 Cr: Durch die Zugabe von Chrom zum Stahl, aus dem ein erfindungsgemäßes Stahlflachprodukt besteht, werden dessen Festigkeitseigenschaften verbessert. Zu diesem Zweck sind mindestens 0,30 Gew.-% Cr erforderlich. Wenn jedoch der Chromgehalt zu hoch ist, werden die Schweißbarkeit und Zähigkeit in der Wärmeeinflusszone negativ beeinflusst. Daher ist erfindungsgemäß die obere Grenze des Bereichs der Cr-Gehalte auf 1,0 Gew.-% gesetzt.
- 25 Mo: Molybdän steigert die Festigkeit und verbessert die Härte. Um dies zu nutzen, sind im Stahl, aus dem ein erfindungsgemäßes Stahlflachprodukt besteht, erfindungsgemäß mindestens 0,20 Gew.-% Mo vorhanden. Wird Molybdän jedoch in einem zu hohen Anteil zugesetzt, dann verschlechtert sich bei einer Verschweißung die Zähigkeit im Bereich der Wärmeeinflusszone der jeweiligen Schweißnaht. Daher ist die Obergrenze für den Molybdängehalt erfindungsgemäß auf 0,30 % festgesetzt.
- 30 Nb: Niob ist in einem erfindungsgemäßen Stahlflachprodukt vorhanden, um die Festigkeitseigenschaften durch Austenitkornfeinung zu unterstützen. Diese Wirkung tritt ein, wenn der Nb-Gehalt 0,020 - 0,030 Gew.-% beträgt. Wird die Obergrenze dieses Bereichs überschritten, verschlechtern sich Schweißbarkeit und Zähigkeit in der Wärmeeinflusszone einer an einem erfindungsgemäßen Stahlflachprodukt vorgenommenen Verschweißung.
- 35 B: Der Borgehalt des Stahls eines erfindungsgemäßen Stahlflachprodukts beträgt 0,0015 - 0,0025 Gew.-%, um die Festigkeitseigenschaft und die Härte eines erfindungsgemäßen Stahlflachprodukts zu optimieren. Zu hohe Borgehalte verschlechtern die Zähigkeitseigenschaften, wogegen bei zu geringen B-Gehalten dessen positive Einflüsse nicht bemerkbar sind.
- 40
- 45 **[0024]** Kupfer, Nickel, Titan, Vanadin, Kobalt, Wolfram, Antimon werden dem Stahl, aus dem ein erfindungsgemäßes Stahlflachprodukt besteht, nicht gezielt zulegiert, sondern treten als herstellungsbedingt unvermeidbare Begleitelemente auf. Insbesondere der Cu-Gehalt ist auf 0,12 Gew.-% begrenzt, um negative Einflüsse auf die Schweißbarkeit und Zähigkeit in der Wärmeeinflusszone einer an dem Stahlflachprodukt vorgenommenen Verschweißung zu vermeiden. Die anderen herstellungsbedingt unvermeidbar vorhandenen, voranstehend genannten Legierungsbestandteile sind in ihren Gehalten ebenfalls jeweils so zu begrenzen, dass sie jeweils keinen Einfluss auf die Eigenschaften des erfindungsgemäßen Stahlflachprodukts haben.
- 50 **[0025]** Der jeweilige C-Gehalt %C, der jeweilige Mn-Gehalt %Mn, der jeweilige Cr-Gehalt %Cr, der jeweilige Mo-Gehalt %Mo, der jeweilige V-Gehalt %V, der jeweilige Cu-Gehalt %Cu und der jeweilige Ni-Gehalt %Ni der erfindungsgemäßen Stahlzusammensetzung sind dabei optimalerweise jeweils in Gew.-% so eingestellt, dass das gemäß der Formel
- 55

EP 2 905 348 A1

$$CE_{||W} = \%C + \%Mn/6 + (\%Cr + \%Mo + \%V)/5 + (\%Cu + \%Ni)/15$$

berechnete Kohlenstoffäquivalent $CE_{||W}$ die Bedingung erfüllt:

$$CE_{||W} \leq 0,5$$

[0026] Durch eine derartige Abstimmung der Legierungsgehalte eines erfindungsgemäßen Stahlflachprodukts wird eine besonders gute Schweißbarkeit erreicht.

[0027] Für die Herstellung eines erfindungsgemäß beschaffenen Stahlflachprodukts werden erfindungsgemäß folgende Arbeitsschritte durchlaufen:

a) Vergießen einer Stahlschmelze, die neben Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen (in Gew.-%)

C:	0,08 - 0,10 %
Si:	0,015 - 0,50%
Mn:	1,20 - 2,00 %
Al:	0,020 - 0,040 %
Cr:	0,30 - 1,00 %
Mo:	0,20 - 0,30 %
Nb:	0,020 - 0,030 %
B:	0,0015 - 0,0025 %
P:	bis zu 0,025 %
S:	bis zu 0,010 %
N:	bis zu 0,006 %, insbesondere 0,001 - 0,006 %,

enthält, zu einer Bramme.

b) erforderlichenfalls Erwärmen der Bramme auf eine 1200 - 1300 °C betragende Austenitisierungstemperatur.

c) Vorwalzen der derart erwärmten Bramme bei einer 950 - 1250 °C betragenden Vorwalztemperatur, wobei der über das Vorwalzen erzielte Gesamtumformgrad e_V mindestens 50 % beträgt.

d) Fertigwarmwalzen der vorgewalzten Bramme zu einem Warmband, wobei die Endwalztemperatur des Warmwalzens 810 - 875 °C beträgt, der über das Fertigwalzen erzielte Gesamtumformgrad e_F mindestens 70 % beträgt und das Warmwalzen ohne eine Benetzung des Walzguts mit Schmiermittel erfolgt.

e) Intensives Abkühlen des fertig warmgewalzten Warmbands mit einer Abkühlgeschwindigkeit von mindestens 40 K/s auf eine Haspeltemperatur von 200 - 500 °C, wobei die Kühlung innerhalb von 10 s nach dem Ende des Warmwalzens einsetzt.

f) Haspeln des auf die Haspeltemperatur abgekühlten Warmbands.

[0028] Im Zuge des erfindungsgemäßen Verfahrens werden somit zunächst aus einer Stahlschmelze, die nach Maßgabe der oben zusammengefassten Erläuterungen zu den Einflüssen der einzelnen Legierungselemente legiert ist, Brammen gegossen, die anschließend, soweit sie zuvor auf eine zu niedrige Temperatur abgekühlt sind, auf eine 1200 °C bis 1300 °C betragende Austenitisierungstemperatur wiedererwärmt. Der untere Grenzwert des für die Austenitisierungstemperatur erfindungsgemäß einzuhaltenen Bereichs ist dabei so festgesetzt, dass die vollständige Auflösung von Legierungselementen im Austenit und die Homogenisierung des Gefüges gewährleistet sind. Der obere Grenzwert des Bereichs der Austenitisierungstemperatur sollte nicht überschritten werden, um die Vergrößerung des Austenitkorns und eine erhöhte Zunderbildung zu vermeiden.

[0029] Erfindungsgemäß liegt die Vorwalztemperatur im Temperaturbereich von 950°C bis 1250°C.

[0030] Das Vorwalzen erfolgt dabei mit einem Gesamtumformgrad e_V von mindestens 50 %, wobei sich der Gesamtumformgrad e_V , d.h. bei einem in mehreren Walzstichen durchgeführten Vorwalzen die Summe der über das Vorwalzen erzielten Stichabnahmen, nach folgender Formel bestimmt:

$$e_V = (h_0 - h_1) / h_0 * 100 \%$$

mit

h_0 : Einlaufdicke des Walzgutes beim Vorwalzen in mm,

h1: Auslaufdicke des Walzgutes beim Vorwalzen in mm.

[0031] Die untere Grenze des Bereichs der Vorwalztemperatur und der Mindestwert der Summe der über das Vorwalzen erzielten Stichabnahmen (Gesamtumformgrad e_v) sind so festgesetzt, dass die Rekristallisationsvorgänge noch vollständig ablaufen können. Dadurch entsteht vor dem Fertigwalzen ein feinkörniger Austenit, der sich positiv auf die Zähigkeitseigenschaften sowie die Bruchdehnung auswirkt.

[0032] Erfindungsgemäß liegt die Endwalztemperatur des in einer üblicherweise mehrere Walzgerüste umfassenden Walzstaffel durchgeführten Warmwalzens bei 810 °C bis 875 °C. Die obere Grenze des erfindungsgemäß für die Endwalztemperatur vorgegebenen Bereichs ist dabei so festgesetzt, dass keine Rekristallisation des Austenits beim Walzen in der Fertigwarmwalzstraße stattfindet. Dementsprechend entsteht ein feinkörniges Gefüge nach der Phasenumwandlung. Die untere Grenze des Bereichs der Endwalztemperatur beträgt 810°C. Bei dieser Temperatur bildet sich beim Warmwalzen noch kein Ferrit, so dass das Warmband beim Austritt aus der Warmwalzstraße ferritfrei ist.

[0033] Der über die aufeinanderfolgenden Walzschnitte des Fertigwarmwalzens insgesamt erzielte Gesamtumformgrad e_F beträgt erfindungsgemäß mindestens 70 %, wobei hier der Gesamtumformgrad e_F nach der Formel

$$e_F = (h_0 - h_1) / h_0 * 100 \%$$

mit

h0: Dicke des Walzgutes beim Einlauf in die Fertigwarmwalzstaffel in mm,

h1: Dicke des Walzgutes beim Auslauf aus der Fertigwarmwalzstaffel in mm.

berechnet wird. Durch den hohen erfindungsgemäß über das Fertigwarmwalzen zu erzielenden Gesamtumformgrad e_F findet die Phasenumwandlung aus stark umgeformtem Austenit statt. Dies wirkt sich positiv auf die Feinkörnigkeit aus, so dass im Gefüge des erfindungsgemäß erzeugten Stahlflachprodukts geringe Korngrößen vorliegen.

[0034] Im Anschluss an das Warmwalzen erfolgt eine intensive Kühlung, die innerhalb von 10 s nach dem Ende des Warmwalzens einsetzt und mit Abkühlgeschwindigkeiten von mindestens 40 K/s solange fortgesetzt wird, bis die jeweils geforderte Haspeltemperatur von 200 °C bis 500 °C erreicht ist. Dabei entsteht gemäß der vorliegenden Erfindung ein bainitisch-martensitisches Gefüge mit einem Gefügeanteil an Bainit und Martensit, der in Summe mindestens 95 Vol.-% unmittelbar vor dem Haspeln beträgt. Die Abkühlung erfolgt dabei so schnell, dass auch auf dem Weg zum Haspeln im Gefüge des warmgewalzten Stahlflachprodukts kein Ferrit entsteht. Die Abkühlgeschwindigkeit sollte bei der nach dem Warmwalzen und vor dem Haspeln durchgeführten Abkühlung nicht weniger als 40 K/s betragen, um die Entstehung unerwünschter Gefügebestandteile, wie z.B. Ferrit zu vermeiden. Die obere Grenze für die Abkühlgeschwindigkeit liegt in der Praxis bei 75°K/s und sollte nicht überschritten werden, um eine optimale Ebenheit des erfindungsgemäß erzeugten Stahlflachprodukts zu sichern.

[0035] Die Pause zwischen dem Ende des Warmwalzens und dem Beginn des Abkühlens sollte 10 s nicht überschreiten, um auch hier zu verhindern, dass sich unerwünschte Gefügebestandteile im Stahlflachprodukt bilden.

[0036] Das Gefüge des so abgekühlten erfindungsgemäßen warmgewalzten Stahlflachprodukts besteht bei Ankunft in der Haspelstation, in der das Stahlflachprodukt zu einem Coil gewickelt wird, bereits regelmäßig zu mindestens 95 Vol.-% aus Bainit und Martensit.

[0037] Der erfindungsgemäß vorgeschriebene Bereich der Haspeltemperatur ist dabei so gewählt, dass das angestrebte bainitisch - martensitische Gefüge im fertigen erfindungsgemäßen Stahlflachprodukt sicher vorliegt. Bei einer oberhalb von 500°C liegenden Haspeltemperatur würde das gewünschte bainitisch - martensitische Gefüge nicht erreicht mit der Folge, dass auch die erfindungsgemäß angestrebten mechanischen Eigenschaften, wie hohe Festigkeit und Zähigkeit, nicht erreicht würden. Die untere Grenze der Haspeltemperatur soll nicht unterschritten werden, um eine optimale Ebenheit und Oberfläche des erfindungsgemäßen Stahlflachprodukts ohne nachträgliche Behandlung zu sichern und gleichzeitig den gewünschten Anlasseffekt im Coil zu erzielen.

[0038] Während des Haspelns und beim folgenden Abkühlen im Coil wandeln die bis dahin neben Bainit und Martensit vorhandenen restlichen Gefügeanteile in Martensit, Bainit oder Restaustenit sowie sonstige herstellungsbedingt unvermeidbare, jedoch im Hinblick auf die Eigenschaften des erfindungsgemäßen Stahlflachprodukts unwirksame Bestandteile um.

[0039] Die Dicke erfindungsgemäß erzeugter warmgewalzter Stahlflachprodukte beträgt typischerweise 2 - 12 mm.

[0040] Im Zuge der Herstellung von erfindungsgemäßen hochfesten Stahlflachprodukten wird das jeweils erzeugte Warmband folglich direkt aus der Walzhitze nach dem thermomechanischen Walzen, das durch die Kombination eines erfindungsgemäß durchgeführten Vorwalzens mit einem ebenso erfindungsgemäß durchgeführten Fertigwarmwalzen bewerkstelligt ist, mit hohen Abkühlgeschwindigkeiten gekühlt, und zwar so, dass das gewünschte Gefüge und folglich

die mechanischen Eigenschaften ohne nachträgliche Wärmebehandlung eingestellt sind.

[0041] Da das Warmwalzen in der Warmwalzfertigstraße erfindungsgemäß gezielt ohne Auftrag von Schmiermittel auf das Warmband erfolgt, ist die Oberfläche des Stahlflachprodukts bei Austritt aus der Warmwalzstaffel schmiermittelfrei. Der Verzicht auf Schmiermittel hat den Vorteil, dass der mit dem Auftrag von Schmiermittel im Walzprozess verbundene Aufwand entfällt und so eine höhere Wirtschaftlichkeit des Gesamtprozesses gesichert ist. Gleichzeitig werden durch den Verzicht auf Schmiermittel Ressourcen geschont und die Umwelt- und Klimabelastung minimiert.

[0042] Dabei hat die erfindungsgemäße Vorgehensweise bei der Herstellung von erfindungsgemäßen Stahlflachprodukten den Vorteil, dass die Phasenumwandlung nach dem Ende des Warmwalzens aus einem versetzungsreichen Austenit mit hohen Abkühlgeschwindigkeiten stattfindet. Auf diese Weise werden ein feinkörniges bainitisch-martensitisches Gefüge und gute Zähigkeits- bzw. Bruchdehnungseigenschaften erzielt. Dabei setzt das erfindungsgemäße Verfahren eine Zusammensetzung des erfindungsgemäß erzeugten Stahlflachprodukts voraus, die sich durch in vergleichbar geringen Gehalten anwesende, kostengünstige Legierungselemente auszeichnet. Teure und seltene Legierungselemente sind für die Herstellung eines erfindungsgemäßen Stahlflachprodukts nicht erforderlich, so dass auch in dieser Hinsicht die mit der Erzeugung erfindungsgemäßer Stahlflachprodukte verbundenen Produktionskosten minimiert sind. Gleichzeitig trägt das erfindungsgemäß auf minimierte Legierungsgehalte setzende Legierungskonzept zu einer optimalen Schweißbarkeit erfindungsgemäßer Stahlflachprodukte bei.

[0043] Aufgrund des Wegfalls der Wärmebehandlung sind die Oberflächenbeschaffenheiten erfindungsgemäßer warmgewalzter Stahlflachprodukte gegenüber konventionell erzeugten hochfesten Warmbändern verbessert. Gleichzeitig sind die Produktionskosten verringert.

[0044] In Folge der geringen Anzahl der Arbeitsschritte und des Verzichts auf eine Schmierung während des Warmwalzens ist die mit der Herstellung erfindungsgemäßer Stahlflachprodukte verbundene Umweltbelastung ebenfalls reduziert.

[0045] Auch ist der erfindungsgemäß vorgesehene Fertigungsweg deutlich einfacher, so dass er mit weniger Aufwand und sicherem Erfolg durchgeführt werden kann.

[0046] Eines der wesentlichen Merkmale der erfindungsgemäßen Herstellweise besteht folglich darin, dass die mechanischen Eigenschaften durch den Walzprozess, die anschließende rasche Abkühlung und das Haspeln eingestellt werden. Weitere Wärmebehandlungen nach dem Haspeln sind bei erfindungsgemäßer Vorgehensweise nicht notwendig, um die gewünschten Eigenschaften des jeweiligen erfindungsgemäßen Stahlflachprodukts einzustellen. Die hohe Zähigkeit und Bruchdehnung eines erfindungsgemäßen Stahlflachprodukts wird vielmehr ohne nachträgliche Wärmebehandlung erzielt.

[0047] Mit der Erfindung steht somit ein Stahlflachprodukt mit einer Mindeststreckgrenze von 900 MPa zur Verfügung, dessen Eigenschaftsspektrum es insbesondere für den Leichtbau von Nutzfahrzeugchassis und anderen Karosserieteilen geeignet machen, die im Einsatz hohen Belastungen ausgesetzt sind.

[0048] Durch den Einsatz erfindungsgemäßer Stahlflachprodukte beim Bau von Nutzfahrzeugen lassen sich somit Bauteile mit verbesserten Oberflächenqualitäten, einem geringeren Gewicht und einem optimalen Verhalten unter statischer und dynamischer Last, insbesondere im Fall eines Crashes, herstellen. Durch konsequente Nutzung dieser Vorteile lassen sich mit Hilfe erfindungsgemäßer Stahlflachprodukte Fahrzeuge fertigen, die nicht nur ein geringes Gewicht aufweisen und damit einhergehend eine Verringerung des beim Betrieb des jeweiligen Fahrzeugs anfallenden Energieverbrauchs ermöglichen, sondern bei denen auch die Nutzlast erhöht und somit die auf das Ladungsgewicht bezogene Energieausnutzung optimiert ist.

[0049] Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

[0050] Es sind im Labor zwei Stahlschmelzen S1, S2 erzeugt worden, deren Zusammensetzungen in Tabelle 1 angegeben sind. Die Schmelzen S1, S2 sind jeweils zu Brammen vergossen worden. Aufgrund der Laborbedingungen betragen die Abmessungen der aus den Stählen S1, S2 jeweils gegossenen Brammen jeweils 150 mm x 150 mm x 500 mm.

[0051] Anschließend sind die Brammen jeweils auf eine Austenitisierungstemperatur T_A erwärmt worden.

[0052] Die so erwärmten bzw. auf der jeweiligen Austenitisierungstemperatur T_A gehaltenen Brammen sind anschließend bei Vorwalztemperaturen T_V und Vorwalzumformgraden e_V vorgewalzt und anschließend bei Fertigwalzumformgraden e_F und Warmwalzendtemperaturen T_{WE} zu Warmbändern W1 - W17 mit einer Dicke d von 3 - 10 mm warmgewalzt worden.

[0053] Innerhalb von 3 s nach dem Ende des Warmwalzens sind die erhaltenen Warmbänder W1 - W17 mit einer Abkühlgeschwindigkeit dT auf eine Haspeltemperatur T_H beschleunigt abgekühlt worden, bei der sie anschließend jeweils zu einem Coil gewickelt worden sind.

[0054] Für jedes der so zu jeweils einem Coil gehaspelten Warmbänder W1 - W17 sind in Tabelle 2 der Stahl, aus dem das jeweilige Warmband W1 - W17 erzeugt worden ist, sowie die jeweils eingestellte Austenitisierungstemperatur T_A , die Vorwalztemperatur T_V , der Vorwalzumformgrad e_V , die Warmwalzendtemperatur T_{WE} , der über das Fertigwarmwalzen erzielte Gesamtumformgrad e_F , die Dicke d , die Abkühlgeschwindigkeit dT und die Haspeltemperatur T_H angegeben.

EP 2 905 348 A1

[0055] Nach der Abkühlung im Coil sind die mechanischen Eigenschaften sowie das Gefüge der Warmbänder W1 - W17 untersucht worden. Die Zugversuche zur Ermittlung der Streckgrenze R_{eH} , Zugfestigkeit R_m und Bruchdehnung A sind dabei gemäß DIN EN ISO 6892-1 an Längsproben durchgeführt worden. Die Kerbschlagbiegeversuche zur Ermittlung der Kerbschlagarbeit A_v bei -20°C bzw. -40°C sind an Längsproben gemäß nach DIN EN ISO 148-1 durchgeführt worden.

[0056] Die Gefügeuntersuchung erfolgte mittels Licht- und Rasterelektronenmikroskopie an Längsschliffen. Dafür wurden die Proben aus einem Viertel der Bandbreite der Warmbänder W1 - W17 entnommen und mit Nital bzw. Natriumdisulfid geätzt.

[0057] Die Bestimmung der Gefügebestandteile erfolgte mittels einer Flächenanalyse, die von H. Schumann und H. Oettel in "Metallografie" 14. Auflage, 2005 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, beschrieben ist, in Probenlage 1/3 Blechdicke.

[0058] Die so ermittelten mechanischen Eigenschaften und Gefügebestandteile sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Es zeigt sich, dass die erfindungsgemäß hergestellten Warmbänder W1 - W17 hohe Festigkeitseigenschaften bei guten Zähigkeitseigenschaften sowie guter Bruchdehnung aufweisen.

[0059] Das Gefüge der erfindungsgemäß produzierten Warmbänder W1 - W9 und der ebenfalls erfindungsgemäß produzierten Warmbänder W12 - W16 weist zwischen 5 bis 33 % Martensit auf, wobei der Rest jeweils aus Bainit besteht. Die erfindungsgemäß erzeugten Warmbänder haben dabei jeweils hohe Festigkeitswerte in Kombination mit guten Dehnungseigenschaften.

[0060] Dagegen besteht bei den nicht erfindungsgemäß erzeugten Warmbändern W10 (Abkühlgeschwindigkeit dT zu gering), W11 (Warmwalzendtemperatur T_{WE} zu hoch) und W17 (Haspeltemperatur T_H zu hoch) das Gefüge nur aus Bainit. Infolgedessen erreichen die nicht erfindungsgemäßen Warmbänder W10, W11 und W17 die optimale Eigenschaftskombination, die die erfindungsgemäß erzeugten Warmbänder W1 - W9 und W12 - W16 auszeichnet, nicht.

Tabelle 1

Stahl	Chemische Zusammensetzung *)											
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Cr	Mo	Nb	B	Cu
S1	0,09	0,41	1,81	0,004	0,002	0,031	0,0018	0,35	0,25	0,025	0,0022	0,01
S2	0,09	0,20	1,47	0,004	0,001	0,030	0,0021	0,36	0,25	0,024	0,0020	0,01

*) Angaben in Gew.-%, Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen einschl. unwirksamer Spuren an Ni, Ti, V, Co, Sb, W

Tabelle 2

Nr.	Stahl	T_A [$^\circ\text{C}$]	T_V [$^\circ\text{C}$]	e_V [%]	T_{WE} [$^\circ\text{C}$]	e_F [%]	dT [K/s]	T_H [$^\circ\text{C}$]	d [mm]
W1	S1	1250	1070	57	810	80	75	500	6
W2	S1	1250	1050	57	875	80	75	440	6
W3	S1	1250	1065	57	820	80	75	440	6
W4	S1	1250	1060	57	860	80	75	240	6
W5	S1	1250	1050	57	820	80	40	400	6
W6	S1	1250	1050	57	815	80	40	360	6
W7	S1	1300	1050	57	820	80	40	460	6
W8	S1	1200	1100	64	860	88	50	490	3
W9	S1	1200	1080	50	810	71	75	400	10
W10	S1	1250	1055	57	840	80	30	450	6
W11	S1	1250	1055	43	900	85	40	500	6
W12	S2	1250	1050	57	810	80	40	340	6
W13	S2	1250	1075	57	810	80	70	520	6
W14	S2	1250	1055	57	810	80	75	405	6

EP 2 905 348 A1

(fortgesetzt)

Nr.	Stahl	T _A [°C]	T _V [°C]	e _V [%]	T _{WE} [°C]	e _F [%]	dT [K/s]	T _H [°C]	d [mm]
W15	S2	1250	980	57	810	73	65	450	8
W16	S2	1200	1090	64	860	84	70	500	4
W17	S2	1250	1035	57	810	80	60	550	6

Tabelle 3

Nr.	Stahl	Zugversuch, längs			Kerbschlagbiegeversuch, längs		Gefügebestandteile [Vol. %]
		ReH [MPa]	Rm [MPa]	A [%]	Av-20°C [J]	Av-40°C [J]	
W1	S1	910	954	10	82	67	5% Martensit + Bainit
W2	S1	1062	1081	9	132	128	17% Martensit + Bainit
W3	S1	1143	1156	9	76	54	25% Martensit + Bainit
W4	S1	1081	1087	9	101	75	33% Martensit + Bainit
w5	S1	1057	1116	8	118	92	24% Martensit + Bainit
W6	S1	1072	1091	9	101	84	20% Martensit + Bainit
Wo	S1	949	987	9	95	42	8% Martensit + Bainit
W8	S1	983	1031	11	n.b. *)	n.b. *)	6% Martensit + Bainit
W9	S1	1012	1062	10	98	67	15% Martensit + Bainit
W10	S1	721	912	11	117	84	Bainit
W11	S1	515	844	14	38	44	Bainit
W12	S2	1084	1140	8	115	121	28% Martensit + Bainit
W13	S2	1088	1121	11	66	50	15% Martensit + Bainit
W14	S2	1107	1158	9	91	40	20% Martensit + Bainit
W15	S2	1043	1096	10	70	59	12% Martensit + Bainit
W16	S2	972	1032	11	n.b. *)	n.b. *)	5% Martensit + Bainit
W17	S2	671	764	15	116	65	Bainit

*) "n.b." = nicht bestimmt

Patentansprüche

1. Stahl Flachprodukt mit einem ferritfreien Gefüge, das zu mindestens 95 Vol.-% aus Martensit und Bainit mit einem Martensitanteil von mindestens 5 Vol.-% besteht und als Rest bis zu 5 Vol.-% Restaustenit sowie herstellungsbedingt unvermeidbare Gefügebestandteile aufweist, und mit einer Zusammensetzung, die neben Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen (in Gew.-%)

C:	0,08 - 0,10 %
Si:	0,015 - 0,50%
Mn:	1,20 - 2,00 %
Al:	0,020 - 0,040 %
Cr:	0,30 - 1,00 %
Mo:	0,20 - 0,30 %
Nb:	0,020 - 0,030 %

EP 2 905 348 A1

(fortgesetzt)

B:	0,0015 - 0,0025 %
P:	bis zu 0,025 %
S:	bis zu 0,010 %
N:	bis zu 0,006 %

enthält.

2. Stahlflachprodukt nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** für das Kohlenstoffäquivalent $CE_{||W}$ seiner Zusammensetzung gilt

$$CE_{||W} \leq 0,5$$

mit

$$CE_{||W} = \%C + \%Mn/6 + (\%Cr + \%Mo + \%V)/5 + (\%Cu + \%Ni)/15$$

wobei mit

%C der jeweilige C-Gehalt in Gew.-%,
%Mn der jeweilige Mn-Gehalt in Gew.-%,
%Cr der jeweilige Cr-Gehalt in Gew.-%,
%Mo der jeweilige Mo-Gehalt in Gew.-%,
%V der jeweilige V-Gehalt in Gew.-%,
%Cu der jeweilige Cu-Gehalt in Gew.-% und
%Ni der jeweilige Ni-Gehalt in Gew.-% bezeichnet sind.

3. Stahlflachprodukt nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sein Si-Gehalt höchstens 0,25 Gew.-% beträgt.
4. Stahlflachprodukt nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** es mindestens 0,001 Gew.-% N aufweist.
5. Stahlflachprodukt nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** seine Streckgrenze im warmgewalzten Zustand mindestens 900 MPa beträgt.
6. Stahlflachprodukt nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** es im warmgewalzten Zustand 2 - 12 mm dick ist.
7. Verfahren zum Herstellen eines gemäß einem der voranstehenden Ansprüche beschaffenen Stahlflachprodukts umfassend folgende Arbeitsschritte:

a) Vergießen einer Stahlschmelze, die neben Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen (in Gew.-%)

C:	0,08 - 0,10 %
Si:	0,015 - 0,50 %
Mn:	1,20 - 2,00 %
Al:	0,020 - 0,040 %
Cr:	0,30 - 1,00 %
Mo:	0,20 - 0,30 %
Nb:	0,020 - 0,030 %
B:	0,0015 - 0,0025 %
P:	bis zu 0,025 %

EP 2 905 348 A1

(fortgesetzt)

S: bis zu 0,010 %

N: bis zu 0,006 %

5

enthält, zu einer Bramme.

b) erforderlichenfalls Erwärmen der Bramme auf eine 1200 - 1300 °C betragende Austenitisierungstemperatur.

c) Vorwalzen der derart erwärmten Bramme bei einer 950 - 1250 °C betragenden Vorwalztemperatur, wobei der über das Vorwalzen erzielte Gesamtumformgrad e_V mindestens 50 % beträgt.

10 d) Fertigwarmwalzen der vorgewalzten Bramme zu einem Warmband, wobei die Endwalztemperatur des Warmwalzens 810 - 875 °C beträgt, der über das Fertigwalzen erzielte Gesamtumformgrad e_F mindestens 70 % beträgt und das Warmwalzen ohne eine Benetzung des Walzguts mit Schmiermittel erfolgt.

15 e) Intensives Abkühlen des fertig warmgewalzten Warmbands mit einer Abkühlgeschwindigkeit von mindestens 40 K/s auf eine Haspeltemperatur von 200 - 500 °C, wobei die Kühlung innerhalb von 10 s nach dem Ende des Warmwalzens einsetzt.

f) Haspeln des auf die Haspeltemperatur abgekühlten Warmbands.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stahlflachprodukt mindestens 0,001 Gew.-% N enthält.

20

25

30

35

40

45

50

55



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 14 15 4354

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 98/38345 A1 (EXXON PRODUCTION RESEARCH CO [US]; SUMITOMO METAL IND [JP]; KOO JAYOUN) 3. September 1998 (1998-09-03)	1-6	INV. C21D9/46 C22C38/00
Y	* Ansprüche 1,3,14; Beispiel 11; Tabellen 1,2 * * Seite 27, Zeilen 2-7 *	7,8	C22C38/02 C22C38/04 C22C38/06 C22C38/12
Y	EP 2 617 852 A1 (JFE STEEL CORP [JP]) 24. Juli 2013 (2013-07-24) * Ansprüche 1-4 *	7,8	C22C38/18 C22C38/22 C22C38/32 C22C38/20
A	EP 1 342 800 A1 (ONOE HIROSHI [JP]) 10. September 2003 (2003-09-10) * Ansprüche 1,2; Tabelle 1 *	1-8	C22C38/24 C22C38/40
A	EP 2 524 970 A1 (THYSSENKRUPP STEEL EUROPE AG [DE]) 21. November 2012 (2012-11-21) * Ansprüche 1-17; Tabelle 1 *	1-8	
A	US 2012/031528 A1 (HAYASHI KUNIO [JP] ET AL) 9. Februar 2012 (2012-02-09) * Ansprüche 1,4; Tabelle 1 *	1-6	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) C21D C22C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlussdatum der Recherche 18. Juni 2014	Prüfer Chalaftris, Georgios
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patendokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.02. (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 14 15 4354

5

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

18-06-2014

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 9838345 A1	03-09-1998	AR 011173 A1	02-08-2000
		AU 726316 B2	02-11-2000
		AU 6656698 A	18-09-1998
		BR 9807805 A	22-02-2000
		CA 2280923 A1	03-09-1998
		CN 1249006 A	29-03-2000
		CO 5031263 A1	27-04-2001
		EP 0972087 A1	19-01-2000
		JP 3545770 B2	21-07-2004
		JP H10237583 A	08-09-1998
		JP 2000513050 A	03-10-2000
		RU 2205245 C2	27-05-2003
		WO 9838345 A1	03-09-1998
EP 2617852 A1	24-07-2013	CN 103108972 A	15-05-2013
		EP 2617852 A1	24-07-2013
		JP 5029749 B2	19-09-2012
		JP 2012062558 A	29-03-2012
		KR 20130080037 A	11-07-2013
		US 2013167985 A1	04-07-2013
		WO 2012036309 A1	22-03-2012
EP 1342800 A1	10-09-2003	KEINE	
EP 2524970 A1	21-11-2012	CN 103597100 A	19-02-2014
		EP 2524970 A1	21-11-2012
		EP 2710158 A1	26-03-2014
		KR 20140024903 A	03-03-2014
		WO 2012156428 A1	22-11-2012
US 2012031528 A1	09-02-2012	CA 2759256 A1	02-12-2010
		CN 102341521 A	01-02-2012
		EP 2436797 A1	04-04-2012
		JP 4772927 B2	14-09-2011
		KR 20110110370 A	06-10-2011
		US 2012031528 A1	09-02-2012
		WO 2010137317 A1	02-12-2010

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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

- EP 1669470 A1 [0009]
- WO 03031669 A1 [0010]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **H. SCHUMANN ; H. OETTEL.** Metallografie. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2005 [0057]