



(11)

EP 2 964 792 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
03.05.2017 Patentblatt 2017/18

(21) Anmeldenummer: **14708856.1**

(22) Anmeldetag: **06.03.2014**

(51) Int Cl.:

B22D 11/12 <small>(2006.01)</small>	B22D 11/126 <small>(2006.01)</small>
B22D 11/14 <small>(2006.01)</small>	B21D 35/00 <small>(2006.01)</small>
B21D 51/26 <small>(2006.01)</small>	B21B 1/22 <small>(2006.01)</small>
C21D 6/00 <small>(2006.01)</small>	C25D 5/36 <small>(2006.01)</small>
C21D 1/26 <small>(2006.01)</small>	C22C 38/00 <small>(2006.01)</small>
C22C 38/02 <small>(2006.01)</small>	C21D 8/04 <small>(2006.01)</small>
B21B 1/46 <small>(2006.01)</small>	C22C 38/04 <small>(2006.01)</small>
C22C 38/06 <small>(2006.01)</small>	

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2014/054368

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2014/135645 (12.09.2014 Gazette 2014/37)

(54) **VERFAHREN ZUM ERZEUGEN EINES KALTGEWALZTEN STAHLFLACHPRODUKTS FÜR TIEFZIEH- UND ABSTRECKZIEHANWENDUNGEN, STAHLFLACHPRODUKT UND VERWENDUNG EINES SOLCHEN STAHLFLACHPRODUKTS**

METHOD FOR PRODUCING A COLD-ROLLED FLAT STEEL PRODUCT FOR DEEP-DRAWING AND IRONING APPLICATIONS, FLAT STEEL PRODUCT AND USE OF SUCH A FLAT STEEL PRODUCT

PROCÉDÉ SERVANT À PRODUIRE UN PRODUIT PLAT EN ACIER LAMINÉ À FROID APTE À L'EMBOUTISSAGE ET À L'ÉTIRAGE, PRODUIT PLAT EN ACIER ET UTILISATION D'UN PRODUIT PLAT EN ACIER DE CE TYPE

(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: **07.03.2013 DE 102013102273**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
13.01.2016 Patentblatt 2016/02

(73) Patentinhaber:
• **ThyssenKrupp Steel Europe AG**
47166 Duisburg (DE)
• **ThyssenKrupp Rasselstein GmbH**
56626 Andernach (DE)

(72) Erfinder:
• **HOLLECK, Erhard**
45149 Essen (DE)
• **SOWKA, Eberhard**
46535 Dinslaken (DE)
• **KAUP, Burkhard**
56626 Andernach (DE)

• **SCHIESTER, Stephan**
53498 Bad Breisig (DE)

(74) Vertreter: **ThyssenKrupp Intellectual Property GmbH**
ThyssenKrupp Allee 1
45143 Essen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 0 896 069 EP-B1- 0 811 081
WO-A1-2011/012242

• **HENDRICKS C ET AL: "INBETRIEBNAHME UND ERSTE ERGEBNISSE DER GIESSWALZANLAGE DER THYSEN KRUPP STAHL AG COMMISSIONING AND FIRST RESULTS OF THE CASTING ROLLING PLANT OF THYSEN KRUPP STAHL AG", STAHL UND EISEN, VERLAG STAHEISEN, DUSSELDORF, DE, Bd. 120, Nr. 2, 15. Februar 2000 (2000-02-15), Seiten 61-68, XP000933035, ISSN: 0340-4803 in der Anmeldung erwähnt**

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).

EP 2 964 792 B1

- **BALD W ET AL: "INNOVATIVE TECHNOLOGY ZUR BANDERZEUGUNG//INNOVATIVE STRIP PRODUCTION TECHNOLOGY", STAHL UND EISEN, VERLAG STAHEISEN, DUSSELDORF, DE, Bd. 119, Nr. 9, 15. September 1999 (1999-09-15), Seiten 77-85, XP008014418, ISSN: 0340-4803 in der Anmeldung erwähnt**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erzeugen eines kaltgewalzten, bis zu 0,5 mm dicken Stahlflachprodukts für Tiefzieh- und Abstreckziehenanwendungen. Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein gemäß einem solchen Verfahren hergestelltes Stahlflachprodukt und eine vorteilhafte Verwendung eines entsprechenden Stahlflachprodukts.

[0002] Verfahren der hier in Rede stehenden Art werden auf so genannten "Gieß-Walz-Anlagen", abgekürzt "GWA" oder "CSP", durchgeführt, bei denen das Vergießen des Stahls zu einem Strang und die anschließenden Walzprozesse bei der Warmbandherstellung so aufeinander abgestimmt sind, dass eine kontinuierliche Abfolge der Gieß- und der Walzvorgänge möglich ist. Auf diesem Wege lässt sich der bei konventioneller Brammenfertigung für die Wiedererwärmung und das Vorwalzen anfallende Aufwand umgehen.

[0003] In Gieß-Walz-Anlagen wird der Stahl zu einem kontinuierlich abgezogenen Strang vergossen, von dem anschließend "in line" Dünnbrammen abgeteilt werden, die dann ebenso "in line" zu Warmband warmgewalzt werden. Die beim Betrieb von Gieß-Walz-Anlagen gewonnenen Erfahrungen und die Vorteile des Gieß-Walzens sind beispielsweise in W. Bald et al. "Innovative Technologie zur Banderzeugung", Stahl und Eisen 119 (1999) Nr. 9, Seiten 77 - 85, oder C. Hendricks u.a. "Inbetriebnahme und erste Ergebnisse der Gießwalzanlage der Thyssen Krupp Stahl AG", Stahl und Eisen 120 (2000) Nr. 2, Seiten 61 - 68, dokumentiert. Mit heute zur Verfügung stehenden Gieß-Walz-Anlagen lassen sich Warmbänder mit Warmbanddicken erzeugen, die weniger als 3 mm betragen.

[0004] Trotz der Verfahrensvorteile, die konventionelle Gieß-Walz-Anlagen bieten, ist es seit der großtechnischen Einführung solcher Anlagen nicht mit der notwendigen Zuverlässigkeit gelungen, Stähle, die eine für Tiefzieh- und Abstreckziehenanwendungen ausreichende Isotropie ihrer Verformungseigenschaften aufweisen, über Dünnbrammen-Stranggießanlagen bzw. die zugehörigen Gieß-Walz-Anlagen zu erzeugen. So zeigte sich, dass übliche, aus aluminiumberuhigten Stählen gegossene Dünnbrammen und daraus hergestellte Warmbänder nicht für Produkte mit höchsten Reinheitsgrad- und Oberflächenansprüchen geeignet sind. Warmband, das insbesondere für die Erzeugung von Weißblech mit einer typischen Dicke von höchstens 0,5 mm, insbesondere höchstens 0,251 mm, bestimmt ist, ließ sich daher in der Vergangenheit nicht auf einer Gieß-Walz-Anlage herstellen. Weißbleche dieser Dicke werden beispielsweise zur Herstellung von Getränkedosen oder desgleichen benötigt. Noch kritischer ist die Situation, wenn über eine Gieß-Walz-Anlage Vormaterial für bis zu 0,1 mm, insbesondere bis zu 0,06 mm, dünnen Verpackungsstahl erzeugt werden soll.

[0005] Die Gründe für die Probleme bei der Erzeugung sehr dünner, für Tiefzieh- und Abstreckziehenanwendungen bestimmter kaltgewalzter Stahlflachprodukte über eine GWA sind an sich bekannt. Beim Dünnbrammen-Stranggießen oder Bandgießen von Al-beruhigten Stählen, mit Al-Gehalten, die typischerweise im Bereich von 0,010 - 0,060 Gew.-% liegen, ist zur Vermeidung eines Zusetzens der für das Vergießen erforderlichen Tauchrohre durch Tonerde-Einschlüsse ("Clogging") eine Calcium-Behandlung der Stahlschmelze im Stahlwerk erforderlich. Hierbei müssen in der Stahlschmelze reproduzierbar sicher flüssige Calcium-Aluminate mit Gehalten von circa 50 % CaO und 50 % Al₂O₃ erzeugt werden.

[0006] Wenn diese Einschluss-Zusammensetzung nicht ausreichend exakt getroffen wird und ein signifikanter Unterschuss oder Überschuss an CaO in den nichtmetallischen Einschlüssen gegeben ist oder Spinell-Einschlüsse (mit MgO-Anteil) entstehen, tritt beim Stranggießen trotz Ca-Behandlung ein ausgeprägtes Clogging mit verstärkten Badspiegelschwankungen in der Kokille auf. Eine solche Situation führt zum Einspülen von Gießschlacke in den gegossenen Strang, wodurch ein generell verschlechterter Reinheitsgrad und vermehrte Schalenfehler an der Strangoberfläche verursacht werden. Im Ergebnis führt eine unzureichende Einstellung der CaO- und Al₂O₃-Einschlüsse bei der Herstellung von Warmband über eine Gieß-Walz-Anlage daher zu einer Verschlechterung der Innen- und Oberflächen-Beschaffenheit der vom so gegossenen Strang abgetrennten Dünnbrammen und, dadurch bedingt, von dem aus diesen Dünnbrammen jeweils warmgewalzten Warmband. Dasselbe Problem ergibt sich bei Bandgießanlagen, bei denen die Stahlschmelze zu gegossenem Band vergossen und anschließend in-line zu einem Warmband gewalzt wird.

[0007] Beim Dünnbrammen-Stranggießen oder Bandgießen ist es daher wichtig, einen sehr guten nichtmetallischen Reinheitsgrad bereits in der Sekundärmetallurgie zu erreichen. Anders als beim konventionellen Brammenguss können die in der vergossenen Stahlschmelze enthaltenen Einschlüsse (Oxyde, Sulfide) weder beim Stranggießen noch beim Bandgießen in Folge der deutlich höheren Gießgeschwindigkeiten in der Kokille aufsteigen und sich in der Gießschlacke abscheiden. Anders als die bei der konventionellen Erzeugung üblichen Tonerde-Einschlüsse werden die bei Calcium-behandelten Schmelzen entstehenden und beim Stranggießen in der Bramme oder Dünnbramme verbleibenden Calcium-Aluminat-Einschlüsse im Zuge des Warmwalzens auch nicht zerkleinert, sondern behalten ihre Größe bei. Gleiches gilt für das Bandgießen. Makroskopische Ca-Aluminat-Einschlüsse können deshalb bei Kaltwalz- bzw. Umformprozessen beispielsweise Schalenfehler an der Produktoberfläche oder, insbesondere bei sehr dünnem Endmaterial, Löcher im Walzmaterial verursachen.

[0008] Vor diesem Hintergrund ist in der WO 2011/012242 A1 ein Verfahren zur Erzeugung eines Stahlbands oder -blechs aus einem ULC-Stahl vorgeschlagen worden, bei dem eine Stahlschmelze zu einer Bramme oder einem gegossenen Band vergossen wird, die (in Ges.-%) $\leq 0,003$ % C, 0,05 - 0,35 % Mn, $< 0,025$ % P, $< 0,020$ % S, $< 0,004$ % Si, $\leq 0,002$ % Al, $< 0,004$ % N, in Summe $\leq 0,1$ % Cr, Cu, Ni, Sn und Mo, $\leq 0,004$ % N, jeweils $\leq 0,005$ % Nb, Ti, Zr und

V, $\leq 0,0030$ % B und als Rest Fe und unvermeidbare Verunreinigungen enthalten.

[0009] Um eine Legierung dieser Reinheit zu erzeugen, wird die Stahlschmelze gemäß dem bekannten Verfahren nach ihrer Erschmelzung zunächst einer Vakuum-Behandlung und dann einer Pfannenofen-Behandlung unterzogen. Zweck der Pfannenofen-Behandlung ist dabei insbesondere die Einstellung eines minimierten Sauerstoff- und Aluminium-Gehalts in der jeweils nach dem Vergießen erhaltenen Dünnbramme oder dem nach dem Vergießen erhaltenen gegossenen Band. Hierbei soll die Sauerstoffaktivität der Stahlschmelze für das Stranggießen beziehungsweise das Bandgießen möglichst niedrig sein, um eine Porenbildung im Gussprodukt und Gussstörungen zu vermeiden. Die Einstellung des Sauerstoff-Gehalts beziehungsweise der Sauerstoffaktivität erfolgt dabei durch eine gezielte Zugabe von Aluminium in einer Menge, die in Abhängigkeit vom Ergebnis einer Überwachung der aktuellen Sauerstoffaktivität der Schmelze gemäß der Zielvorgabe bestimmt wird, dass der Sauerstoff-Gehalt der Schmelze am Ende der Pfannen-Behandlung unter 100 ppm liegt.

[0010] Abgesehen von den hohen technischen Anforderungen, die eine permanente Überwachung des Sauerstoffgehalts einer Schmelze mit sich bringen, lassen praktische Erfahrungen beim Erzeugen von sehr dünnen kaltgewalzten Stahlflachprodukten für Tiefzieh- und Abstreckziehenanwendungen ("Weißblech") erwarten, dass über die im voranstehend erläuterten Stand der Technik hinausgehende Maßnahmen erforderlich sind, um bei einer Erzeugung über eine Gieß-Walz-Anlage oder eine Bandgießanlage den für ein Stahlflachprodukt mit optimaler Tiefzieh- und Abstreckzieheignung sehr guten nichtmetallischen Reinheitsgrad der Stahlschmelze zu gewährleisten.

[0011] Die von der Erfindung zu lösende Aufgabe bestand daher darin, ein Verfahren zu nennen, mit dem sich auf betriebssichere Weise aus Dünnbrammen oder gegossenem Band ein dünnes, maximal 0,5 mm dickes kaltgewalztes Stahlflachprodukt erzeugen lässt, das auch höchsten Anforderungen an seine Tiefzieh- und Abstreckzieheignung gerecht wird. Darüber hinaus sollte ein entsprechend beschaffenes Stahlflachprodukt und eine besonders zweckmäßige Verwendung eines solchen Stahlflachprodukts angegeben werden.

[0012] In Bezug auf das Verfahren ist diese Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst worden, dass bei der Herstellung von kaltgewalzten, bis zu 0,5 mm dicken Stahlflachprodukten für Tiefzieh- und Abstreckziehenanwendungen die in Anspruch 1 angegebenen Arbeitsschritte durchlaufen werden.

[0013] In Bezug auf das Stahlflachprodukt ist die voranstehend genannte Aufgabe dementsprechend dadurch gelöst worden, dass ein solches Stahlflachprodukt in erfindungsgemäßer Weise hergestellt ist.

[0014] Ein solchermaßen erfindungsgemäß hergestelltes Stahlflachprodukt eignet sich in besonderer Weise für Tiefziehenanwendungen, bei denen die gemäß ISO 11531 ermittelte Zipfelhöhen bei einem Tiefziehverhältnis β von 1,8 und einem Napfdurchmesser von 33 mm im Bereich von 0,2 - 0,7 mm liegen. Solche Verhältnisse liegen insbesondere bei so genannten "Twist-Off-Closures" (Nockendrehverschlüssen) und "DRD Cans", aber auch allgemein bei dünnwandigen Getränkedosen vor.

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

[0016] Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Herstellen eines kaltgewalzten, bis zu 0,5 mm dicken Stahlflachprodukts für Tiefzieh- und Abstreckziehenanwendungen wird im Arbeitsschritt a) eine Stahlschmelze erzeugt, die (in Gew.-%) bis zu 0,008 % C, bis zu 0,005 % Al, bis zu 0,043 % Si, 0,15 - 0,5 % Mn, bis zu 0,02 % P, bis zu 0,03 % S, bis zu 0,020 % N sowie jeweils optional bis zu 0,03 % Ti und bis zu 0,03 % Nb und als Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen enthält, wobei den unvermeidbaren Verunreinigungen Gehalte von bis zu 0,08 % Cr, bis zu 0,08 % Ni, bis zu 0,08 % Cu, bis zu 0,02 % Sn, bis zu 0,01 % Mo, bis zu 0,0020 % V, bis zu 0,007 % B, bis zu 0,05 % Co und bis zu 0,0060 % Ca zuzurechnen sind. In der Praxis liegen die S-Gehalte der erfindungsgemäßen Schmelze typischerweise im Bereich von 0,005 - 0,03 Gew.-%. Gleichzeitig beträgt bei praxisgerechter Ausführung der Erfindung der Al-Gehalt der Schmelze typischerweise mindestens 0,001 Gew.-%. Im Hinblick auf das erfindungsgemäß angestrebte Arbeitsergebnis optimale Al-Gehalte der zum Vergießen fertigen Stahlschmelze liegen im Bereich von 0,001 - 0,002 Gew.-%.

[0017] Um einerseits eine gute Vergießbarkeit und andererseits eine optimale Reinheit des aus dieser Stahlschmelze zu gießenden Strangs oder Bands zu gewährleisten, wird die Stahlschmelze bei ihrer Erzeugung unter Verzicht auf eine Ca-Behandlung einer sekundärmetallurgischen Behandlung unterzogen, die neben einer konventionellen Vakuum-Behandlung eine Pfannenofen-Behandlung umfasst. Bei der Pfannenofen-Behandlung wird die Stahlschmelze erfindungsgemäß unter einer Schlacke gehalten, für deren Mn-Gehalt %Mn und Fe-Gehalt %Fe gilt %Mn + %Fe < 15 Gew.-%, insbesondere < 9 Gew.-%.

[0018] Den erfindungsgemäß bei der Erzeugung der Stahlschmelze vorgesehenen Maßnahmen liegt die Erkenntnis zu Grunde, dass für eine gute Aufnahme nichtmetallischer Einschlüsse in der Schmelze die Pfannenschlacke gut flüssig gehalten werden muss. Dies kann durch eine konventionelle Vakuumbehandlung in einer RH- oder DH-Anlage nicht erreicht werden. Bei der erfindungsgemäß vorgegebenen Pfannenofen-Behandlung kann jedoch über die Beheizung mit Elektroden die Pfannenschlacke intensiv verflüssigt werden. Sie ist infolgedessen sehr gut geeignet, zur Badoberfläche aufsteigende nichtmetallische Einschlüsse aufzunehmen und somit den Reinheitsgrad der Stahlschmelze nach der Vakuumbehandlung weiter zu verbessern.

[0019] Von besonderer Bedeutung für den Erfolg des erfindungsgemäßen Verfahrens ist zudem, dass bei der Vakuum- und der nachfolgenden Pfannenofen-Behandlung eine Schlacke in Kontakt mit der Stahlschmelze gehalten wird, bei der bereits vor der Vakuumbehandlung ein bestimmtes Sauerstoffpotential eingestellt ist. Dieses Sauerstoffpotential "a_O-Slag" der Pfannenschlacke muss auf die erforderliche Sauerstoffaktivität "a_O-Melt" der Stahlschmelze abgestimmt sein. Falls die Sauerstoffaktivität a_O-Slag zu hoch ist, ergibt sich die ungünstige Situation, dass in Folge der Tendenz zur Gleichgewichtseinstellung zwischen Schlacke und Stahlschmelze zuviel Sauerstoff aus der Schlacke in die Stahlschmelze transportiert wird. Dieser Austausch würde in einer zu hohen Sauerstoffaktivität a_O-Melt von z. B. 120 ppm, insbesondere 100 ppm, resultieren, so dass sich über Reaktionsprodukte mit der Stahlschmelze vermehrt Tonerde- bzw. Tonerde-Manganoxid-Einschlüsse bilden. Im Ergebnis würde sich demzufolge der Reinheitsgrad der Stahlschmelze verschlechtern. Zudem ergibt sich bei einer zu starken Sauerstoffaufnahme der Schmelze das Problem, dass dann die optimale Sauerstoffaktivität a_O-Melt nicht mehr eingestellt werden kann, ohne gegen die Vorgaben "Sicherstellen geringster Gehalte an gelöstem Al_{sol}", d. h. Zielgehalte für Al_{sol} von insbesondere weniger als 0,0020 Gew.-%, einerseits und "Herbeiführen eines ausreichend teilberuhigten Zustands ohne Porenbildung beim Stranggießen" andererseits zu verstoßen. Dies erklärt sich daraus, dass die für die Einstellung eines als optimal erkannten Ziel-Bereichs der Sauerstoffaktivität a_O-Melt von 40 - 60 ppm erforderliche Al-Zugabemenge so hoch wäre, dass in der Stahlschmelze ein zu hoher Al-Gehalt und damit einhergehend ein ungünstiger nichtmetallischer Reinheitsgrad resultieren würde. Durch diesen würde die Tiefzieh- und Abstreckzieheignung des herzustellenden Stahlflachprodukts in unzulässiger, den Anforderungen an moderne Umformprozesse, wie beispielsweise dem DWI-Prozess, nicht mehr genügender Weise verschlechtert.

[0020] Als indirektes Maß für die Sauerstoffaktivität a_O-Slag können der Fe-Gehalt %Fe und Mn-Gehalt %Mn der Pfannenschlacke herangezogen werden. Indem erfindungsgemäß die Summe %Fe + %Mn der Fe- und Mn-Gehalte der Pfannenschlacke auf weniger als 15 Gew.-%, insbesondere < 9 Gew.-%, eingestellt wird, ist sichergestellt, dass die Sauerstoffaktivität "a_O-Melt" im optimalen Bereich von 40 - 60 ppm eingestellt werden kann, ohne dass dazu laufend eine Messung des Sauerstoffgehalts der Schlacke durchgeführt werden muss. Dies gilt insbesondere dann, wenn für den Fe-Gehalt %Fe der Pfannenschlacke gilt: %Fe < 10 Gew.-%, insbesondere %Fe < 6 Gew.-%.

[0021] Die in der erfindungsgemäßen Weise erzeugte Stahlschmelze wird im Arbeitsschritt b) kontinuierlich zu einem Strang vergossen, von dem dann in konventioneller Weise eine oder mehrere Dünnbrammen abgetrennt werden, welche anschließend in einem kontinuierlichen Verfahrensablauf der Weiterverarbeitung zugeführt werden. Alternativ kann die in erfindungsgemäßer Weise erzeugte Schmelze, beispielsweise mittels einer Zwei-Walzen-Bandgieß-Vorrichtung oder gemäß dem DSC-Verfahren, zu einem gegossenen Band vergossen werden.

[0022] Das auf diese Weise erhaltene, in Form einer Dünnbramme oder eines gegossenen Bands vorliegende gegossene Vorprodukt wird dann im Arbeitsschritt c) in konventioneller Weise zu einem Warmband warmgewalzt, das eine Dicke von weniger als 2,5 mm, insbesondere weniger als 2,3 mm, aufweist, wobei sich Warmbanddicken von weniger als 2 mm im Hinblick auf die weitere Verarbeitung als besonders günstig erweisen. Falls dies erforderlich ist, kann das jeweilige Vorprodukt vor dem Warmwalzen auf eine für den weiteren Verfahrensablauf optimale Temperatur von 1000 - 1250 °C gebracht werden. Dies kann beispielsweise durch eine gezielte Abkühlung des in diesem Fall für das Warmwalzen noch zu heißen jeweiligen gegossenen Vorprodukts oder durch eine gezielte Erwärmung des in diesem Fall zu stark abgekühlten Vorprodukts erfolgen. Gegebenenfalls kann es auch zweckmäßig sein, das jeweilige gegossene Vorprodukt einer Wärmebehandlung zu unterziehen, um seine Temperaturverteilung zu vergleichmäßigen, bevor das Warmwalzen beginnt. Das Warmwalzen selbst wird optimalerweise mit einer Warmwalzanfangstemperatur begonnen, die im Bereich von 950 - 1200 °C liegt, und mit einer Warmwalzendtemperatur beendet, die im Bereich von 800 - 950 °C liegt.

[0023] Nach dem Warmwalzen wird das erhaltene Warmband in konventioneller Weise bei einer typischerweise 500 - 750 °C betragenden Haspeltemperatur zu einem Coil gewickelt.

[0024] Nach der Abkühlung im Coil wird das Warmband zu dem bis zu 0,5 mm, insbesondere höchstens 0,26 mm, dicken kaltgewalzten Stahlflachprodukt kaltgewalzt. Dem Kaltwalzen kann eine Oberflächenbehandlung vorangehen, bei der auf konventionelle Weise auf dem Warmband haftender Zunder und andere Verschmutzungen mechanisch oder chemisch entfernt werden.

[0025] Das Kaltwalzen selbst kann ein- oder mehrstufig durchgeführt werden. Bei einer mehrstufigen Kaltwalzung kann zwischen den Kaltwalzschritten eine rekristallisierende Zwischenglühung durchgeführt werden.

[0026] Im Fall eines zweistufig durchgeführten Kaltwalzens sollte die erste Stufe des Kaltwalzens mit einem Umformgrad von mehr als 85%, insbesondere mehr als 90 %, und die zweite Stufe des Kaltwalzens mit einem Umformgrad von 0,4 - 50 %, insbesondere mindestens 1 % durchgeführt werden, wobei Umformgrade von 4 - 42 % besonders praxisgerecht sind.

[0027] Schließlich kann das erhaltene kaltgewalzte Stahlflachprodukt zum Schutz gegen korrosive Angriffe mit einer Schutzbeschichtung versehen werden. Hierzu kann das kaltgewalzte erfindungsgemäße Stahlflachprodukt mit einer metallischen Schutzschicht beschichtet werden. Zu diesem Zweck kann es beispielsweise eine elektrolytische Verzinnung durchlaufen.

[0028] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren können somit die beim Stand der Technik auftretenden reinheitsgradbegründeten Nachteile der Herstellung von besonders dünnen, für Tiefzieh- und Abstreckziehanwendungen bestimmten kaltgewalzten Stahlflachprodukten über Dünnbrammen-Strangguß und andere endabmessungsnahe Gieß- bzw. Gießwalzverfahren dadurch vermieden werden, dass die Stahlflachprodukte auf Basis eines Legierungskonzepts mit minimierten Al-Gehalten erzeugt werden. Bei solch niedrigen Al-Gehalten kann auf eine Ca-Behandlung der Schmelze verzichtet werden, so dass die Entstehung von die Verformungseigenschaften störenden Calcium-Aluminaten ausgeschlossen ist.

[0029] Erfindungsgemäß erzeugte Stahlflachprodukte erfüllen demgemäß höchste Anforderungen an ihre Umformbarkeit. So eignen sie sich für alle Umformanwendungen, für die eine nach ISO 11531 bestimmte Zipfligkeit von weniger als 0,86 mm gefordert wird. Insbesondere eignen sich erfindungsgemäße Stahlflachprodukte für zipfeligkeitskritische Umformanwendungen und anspruchsvolle Tiefzieh- und Abstreckziehanwendungen, bei denen die nach ISO 11531 ermittelte Zipfligkeit weniger als 0,7 mm betragen soll.

[0030] Aufgrund ihrer durch die erfindungsgemäße Herstellweise erzielten besonders guten Verformbarkeit eignen sich erfindungsgemäß erzeugte Stahlflachprodukte besonders zur Herstellung von Verpackungen für lose Güter. Bei diesen Verpackungen handelt es sich typischerweise um Dosen und vergleichbare Behälter, die für die Verpackung von Lebensmitteln, Getränken, Tiernahrung und andere schütt-, fließ- oder rieselfähige Güter und Produkte eingesetzt werden. Zu diesen Gütern und Produkten zählen beispielsweise auch allgemein chemische oder biologische Produkte, wie Gase oder Aerosole. Ebenso lassen sich erfindungsgemäße Stahlflachprodukte für die Herstellung von Verschlüssen für derartige Behälter, Kronkorken zum Verschließen von Flaschen oder Sprühdosen verwenden.

[0031] Auf Grundlage der erfindungsgemäßen Art und Weise der Erzeugung der Stahlschmelze wird ein sehr guter nichtmetallischer Reinheitsgrad des Warmbandes erzielt, welcher die Voraussetzung für ein optimal beschaffenes kaltgewalztes Stahlflachprodukt der erfindungsgemäßen Art ist. So zeigte in erfindungsgemäßer Weise hergestelltes, beispielsweise 0,13 mm dickes Weißblech für den besonders reinheitsgradkritischen Verwendungszweck "Herstellung von Twist-Off-Closures" in Prüfungen mittels Wirbelstrom und Magnetpulver nur eine minimale Anzahl von Einschlüssen mit einem Durchmesser von mehr als 70 µm. Das so beschaffene Stahlflachprodukt-Material erfüllte somit die strengen Reinheitsgrad-Anforderungen für diesen kritischen Verwendungszweck sicher. Hingegen wiesen zum Vergleich erzeugte Stahlflachprodukte, die aus konventionellem Albeurhtigten LC-Stahl mit einem Al-Gehalt von 0,033 Gew.-% bestanden, einen für Weißblech ungeeigneten Reinheitsgrad auf.

[0032] Gleichzeitig belegten die Vergleichsuntersuchungen, dass beim Vergießen einer erfindungsgemäß erzeugten, Al-freien ULC-Stahlschmelze Clogging-Effekte beim Dünnbrammen-Stranggießen nur schwach ausgeprägt waren, so dass nicht nur der Reinheitsgrad, sondern auch die Oberflächenbeschaffenheit der aus den Dünnbrammen gegossenen Warmbänder den hohen Anforderungen genügten, die an für die Erzeugung von Weißblech geeignete Warmbänder gestellt werden.

[0033] Durch die erfindungsgemäße metallurgische Behandlung verändert sich die Zusammensetzung der in der Stahlschmelze verbleibenden oxidischen Kleinststeinschlüsse (Größenspektrum < 10 µm) im Vergleich zu einer Aluminiumberuhigung und Fertigung über eine konventionelle Stranggussanlage. Die erfindungsgemäß erzielte Minimierung des Anteils harter Al₂O₃-Partikel im Gefüge eines erfindungsgemäßen Stahlflachprodukts führt bei der Herstellung von tief- oder abstreckgezogenen Produkten aus einem erfindungsgemäß erzeugten kaltgewalzten Stahlflachprodukt nicht nur zu einem optimalen Umformverhalten des Werkstoffs, sondern auch zu einer deutlichen Erhöhung der Standzeit des jeweils eingesetzten Umformwerkzeugs. Aufgrund des geringen Al-Gehaltes wird zudem der Stickstoff im Stahl nicht als AlN abgebunden, sondern liegt im Wesentlichen interstitiell gelöst vor. Hierdurch ergibt sich ein deutlich höheres Verfestigungspotential.

[0034] Zum Nachweis der Wirkung der Erfindung sind drei Versuche E1, E2, E3 durchgeführt worden, bei dem die jeweils zu Dünnbrammen vergossene Schmelze in erfindungsgemäßer Weise sekundärmetallurgisch behandelt worden ist. Zum Vergleich wurden drei weitere Versuche V1, V2, V3 durchgeführt, bei denen auf die erfindungsgemäße Pfannenofen-Behandlung jeweils verzichtet worden ist.

[0035] Die Zusammensetzung der jeweils verarbeiteten Stahlschmelzen, die beim Warm- und Kaltwalzen berücksichtigten Parameter und die für die Tiefzieheignung wesentlichen Kennwerte sind in Tabelle 1 angegeben.

[0036] Zusätzlich ist in Tabelle 1 eine Bewertung des inneren Reinheitsgrades der untersuchten Proben verzeichnet. Der Reinheitsgrad ist dabei vor dem Veredlungsprozess, der beispielsweise in Form des Auftrags einer metallischen Beschichtung, wie einer Verzinnung oder Verchromung bestehen kann, auf Grundlage der Anzahl nichtmetallischer Einschlüsse mit einer Ausdehnung >70 µm mittels elektromagnetischer Messmethode über das gesamte Volumen ermittelt worden. Die Klassifizierung erfolgte anhand der Anzahl Einschlüsse pro m² gemäß folgender Maßgabe:

Bewertung	Kennung	Anzahl Einschlüsse pro m ²
Sehr gut	+	<0,5

EP 2 964 792 B1

(fortgesetzt)

Bewertung	Kennung	Anzahl Einschlüsse pro m ²
Zufriedenstellend	0	0,6 - 3,0
Unzureichend	-	>3,0

[0037] Mit "Sehr gut" bewertete Proben können beispielsweise ohne Einschränkung für alle Verpackungsschalenanwendungen eingesetzt werden. Mit "Zufriedenstellend" bewertete Proben können für bestimmte, unkritische Verpackungsschalenanwendungen eingesetzt werden. Mit "Unzureichend" bewertete Proben sind grundsätzlich nicht für Verpackungsschalenanwendungen geeignet.

[0038] Bei jedem der Versuche E1 - E3 und V1 - V3 haben die erhaltenen Warmbänder nach dem Haspeln eine Beize durchlaufen und sind dann in zwei Stufen kaltgewalzt worden. Nach einer ersten Kaltwalzung sind die Stahlflachprodukte dabei bei einer Temperatur von jeweils 700 °C im Durchlaufofen rekristallisierend geglüht und anschließend mit einem Kaltwalzgrad von 38 % auf eine Enddicke von 0,13 mm fertig kaltgewalzt worden. Abschließend sind die derart kaltgewalzten Stahlflachprodukte elektrolytisch verzinkt worden.

Tabelle 1

			E1	E2	E3	v1	V2	V3
Chemische Analyse	C	[ppm]	34	34	34	30	30	30
	N	[ppm]	23	23	23	20	20	20
	Mn	[ppm]	2400	2400	2400	2500	2500	2500
	Al	[ppm]	20	20	20	20	20	20
	Al sol.	[ppm]	<10	<10	<10	<10	<10	<10
	Si	[ppm]	80	80	80	100	100	100
	O	[ppm]	50	50	50	55	55	55
	Cr	[ppm]	240	240	240	210	210	210
	Ni	[ppm]	130	130	130	140	140	140
	Cu	[ppm]	130	130	130	130	130	130
	P	[ppm]	70	70	70	80	80	80
	S	[ppm]	62	62	62	78	78	78
Warmwalzen	Warmbandenddicke	[mm]	1,8	2,0	1,6	1,6	1,8	2,0
	Endtemperatur	[°C]	871	880	861	870	880	865
	Haspeltemperatur	[°C]	623	584	584	601	603	590
Kaltband	Enddicke	[mm]	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Kennwerte	Streckgrenze (200 °C, 20 min)	[MPa]	570	580	565	569	575	580
	Zugfestigkeit (200 °C, 20 min)	[MPa]	580	585	572	579	580	588
	Zipfelhöhe (β = 1,8, Napf = 33 mm)	[mm]	<0,86	<0,86	<0,86	<0,86	<0,86	<0,86
Innerer Reinheitsgrad:			+	0	+	-	-	-

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines kaltgewalzten, bis zu 0,5 mm dicken Stahlflachprodukts für Tiefzieh- und Abstreckziehenanwendungen umfassend folgende Arbeitsschritte:

a) Erzeugen einer Stahlschmelze, die (in Gew.-%) bis zu 0,008 % C, bis zu 0,005 % Al, bis zu 0,043 % Si, 0,15

- 0,5 % Mn, bis zu 0,02 % P, bis zu 0,03 % S, bis zu 0,020 % N sowie jeweils optional bis zu 0,03 % Ti und bis zu 0,03 % Nb und als Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen enthält, denen Gehalte von bis zu 0,08 % Cr, bis zu 0,08 % Ni, bis zu 0,08 % Cu, bis zu 0,02 % Sn, bis zu 0,01 % Mo, bis zu 0,0020 % V, bis zu 0,007 % B, bis zu 0,05 % Co und bis zu 0,0060 % Ca zuzurechnen sind, wobei die Stahlschmelze unter Verzicht auf eine Ca-Behandlung einer sekundärmetallurgischen Behandlung unterzogen wird, die neben einer Vakuum-Behandlung eine Pfannenofen-Behandlung umfasst und während der die zu behandelnde Stahlschmelze unter einer Schlacke gehalten wird, für deren Mn-Gehalt %Mn und Fe-Gehalt %Fe gilt

$$\% \text{Mn} + \% \text{Fe} < 15 \text{ Gew.}\%;$$

b) kontinuierliches Vergießen der Stahlschmelze zu einem Strang und Abteilen einer Dünnbramme von dem Strang oder zu einem gegossenen Band;

c) Warmwalzen der Dünnbramme oder des gegossenen Bands zu einem Warmband mit einer Dicke von weniger als 2,5 mm;

d) Haspeln des Warmbands zu einem Coil;

e) Kaltwalzen des Warmbands zu dem bis zu 0,5 mm dicken kaltgewalzten Stahlflachprodukt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Al-Gehalt der Stahlschmelze höchstens 0,002 Gew.-% beträgt.

3. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Fe-Gehalt %Fe der Schlacke, unter der die Stahlschmelze während der Pfannenofen-Behandlung gehalten wird, weniger als 10 Gew.-% beträgt.

4. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sauerstoffgehalt der Stahlschmelze am Ende der Pfannenofen-Behandlung unter 100 ppm liegt.

5. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dünnbramme vor dem Warmwalzen auf eine 1000 - 1250 °C betragende Temperatur gebracht wird.

6. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Warmwalzanfangstemperatur, die die Dünnbramme beim Beginn des Warmwalzens hat, 950 - 1200 °C beträgt.

7. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Warmwalzendtemperatur, die das Warmband am Ende des Warmwalzens hat, 800 - 950 °C beträgt.

8. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Warmband bei einer 500 - 750 °C betragenden Haspeltemperatur gehaspelt wird.

9. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dicke des kaltgewalzten Stahlflachprodukts weniger als 0,26 mm beträgt.

10. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kaltwalzen in mindestens zwei Stufen durchgeführt und das kaltgewalzte Stahlflachprodukt zwischen den Stufen des Kaltwalzens rekristallisierend geglüht wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der über die erste Stufe des Kaltwalzens erzielte Umformgrad mehr als 85 % und der über die zweite Stufe des Kaltwalzens erzielte Umformgrad 0,4 - 50 % beträgt.

12. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das kaltgewalzte Stahlflachprodukt elektrolytisch verzinkt wird.

13. Stahlflachprodukt hergestellt durch Anwendung des gemäß einem der voranstehenden Ansprüche ausgebildeten Verfahrens.

14. Verwendung eines Stahlflachprodukts gemäß Anspruch 13 für die Herstellung von Dosen für Lebensmittel, Tier-
nahrung, Getränke oder sonstige Füllgüter, wie chemische oder biologische Produkte, oder zur Herstellung von
Aerosoldosen, Verschlüssen, Kronkorken oder Sprühdosen.

15. Verwendung eines Stahlflachprodukts gemäß Anspruch 13 für die Umformanwendungen, deren nach ISO 11531
bestimmte Ziffligkeit < 0,86 mm ist.

Claims

1. Method for producing a cold-rolled flat steel product of up to 0.5 mm in thickness for deep-drawing and ironing
applications, comprising the following working steps:

a) producing a metal melt which (in wt%) comprises up to 0.008 % C, up to 0.005 % Al, up to 0.043 % Si, 0.15
- 0.5 % Mn, up to 0.02 % P, up to 0.03 % S, up to 0.020 % N and in each case optionally up to 0.03 % Ti and
up to 0.03 % Nb and, as a remainder, iron and unavoidable impurities, the contents of which are to be attributed
to up to 0.08 % Cr, up to 0.08 % Ni, up to 0.08 % Cu, up to 0.02 % Sn, up to 0.01 % Mo, up to 0.0020 % V, up
to 0.007 % B, up to 0.05 % Co and up to 0.0060 % Ca, wherein the steel melt is, with the omission of a Ca
treatment, subjected to a secondary metallurgical treatment which, in addition to a vacuum treatment, comprises
a ladle furnace treatment and during which the steel melt to be treated is kept under a slag, the Mn content
%Mn and Fe content %Fe are defined by $\%Mn + \%Fe < 15 \text{ wt\%}$;

b) continuously casting the metal melt to form a strand, and severing a thin slab from the strand, or to form a
cast strip;

c) hot-rolling the thin slab or the cast strip to form a hot strip with a thickness of less than 2.5 mm;

d) winding the hot strip to form a coil;

e) cold-rolling the hot strip to form the cold-rolled flat steel product of up to 0.5 mm in thickness.

2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the Al content of the steel melt amounts to at most 0.002 wt%.

3. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the Fe content %Fe of the slag under which
the steel melt is kept during the ladle furnace treatment amounts to less than 10 wt%.

4. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the oxygen content of the steel melt at the
end of the ladle furnace treatment lies below 100 ppm.

5. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the thin slab is, before the hot rolling,
brought to a temperature of 1000 - 1250°C.

6. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the hot-rolling start temperature of the thin
slab at the start of the hot-rolling process is 950 - 1200 °C.

7. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the hot-rolling end temperature of the hot
strip at the end of the hot-rolling process is 800 - 950 °C.

8. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the hot strip is wound at a winding tem-
perature of 500 - 750°C.

9. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the thickness of the cold-rolled flat steel
product amounts to less than 0.26 mm.

10. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the cold rolling is performed in at least two
stages, and the cold-rolled flat steel product is subjected to recrystallization annealing between the stages of the
cold-rolling process.

11. Method according to Claim 10, **characterized in that** the degree of deformation achieved by way of the first stage

of the cold-rolling process is greater than 85%, and the degree of deformation achieved by way of the second stage of the cold-rolling process amounts to 0.4 - 50%.

12. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the cold-rolled flat steel product is subjected to electrolytic tin plating.

13. Flat steel product produced through the use of the method configured according to one of the preceding claims.

14. Use of a flat steel product according to Claim 13 for the production of cans for foodstuffs, animal feed, beverages or other filling materials, such as chemical or biological products, or for the production of aerosol cans, closures, crown caps or spray cans.

15. Use of a flat steel product according to Claim 13 for deformation applications in which the earing, as defined in accordance with ISO 11531, is < 0.86 mm.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'un produit plat en acier laminé à froid d'une épaisseur de jusqu'à 0,5 mm pour des applications d'emboutissage et d'étirage, comprenant les étapes suivantes:

a) la formation d'une masse fondue d'acier, qui (en % en poids) contient jusqu'à 0,008 % de C, jusqu'à 0,005 % d'Al, jusqu'à 0,043 % de Si, 0,15 à 0,5 % de Mn, jusqu'à 0,02 % de P, jusqu'à 0,03 % de S, jusqu'à 0,020 % de N, ainsi qu'à chaque fois éventuellement jusqu'à 0,03 % de Ti et jusqu'à 0,03 % de Nb, le reste étant du fer et des impuretés inévitables, dont les teneurs sont de jusqu'à 0,08 % de Cr, jusqu'à 0,08 % de Ni, jusqu'à 0,08 % de Cu, jusqu'à 0,02 % de Sn, jusqu'à 0,01 % de Mo, jusqu'à 0,0020 % de V, jusqu'à 0,007 % de B, jusqu'à 0,05 % de Co et jusqu'à 0,0060 % de Ca, la masse fondue d'acier étant soumise à un traitement métallurgique secondaire sans traitement au Ca, qui comprend en plus d'un traitement sous vide un traitement en four poche et pendant lequel la masse fondue d'acier à traiter est maintenue sous un laitier, dont la teneur en Mn %Mn et la teneur en Fe %Fe satisfont :

$$\%Mn + \%Fe < 15 \% \text{ en poids ;}$$

b) la coulée continue de la masse fondue d'acier en un filament et la séparation d'un lingot mince du filament ou en une bande coulée ;

c) le laminage à chaud du lingot mince ou de la bande coulée en une bande chaude d'une épaisseur de moins de 2,5 mm ;

d) le bobinage de la bande chaude en une bobine ;

e) le laminage à froid de la bande chaude en le produit plat en acier laminé à froid d'une épaisseur de jusqu'à 0,5 mm.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la teneur en Al de la masse fondue d'acier est d'au plus 0,002 % en poids.

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la teneur en Fe %Fe du laitier sous lequel la masse fondue d'acier est maintenu pendant le traitement en four poche est inférieure à 10 % en poids.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la teneur en oxygène de la masse fondue d'acier à la fin du traitement en four poche est inférieure à 100 ppm.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le lingot mince est porté à une température de 1 000 à 1 250 °C avant le laminage à chaud.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la température initiale du laminage à chaud que présente le lingot mince au début du laminage à chaud est de 950 à 1 200 °C.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la température finale du

laminage à chaud que présente la bande chaude à la fin du laminage à chaud est de 800 à 950 °C.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la bande chaude est bobinée à une température de dévidoir de 500 à 750 °C.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'épaisseur du produit plat en acier laminé à froid est inférieure à 0,26 mm.

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le laminage à froid est réalisé en au moins deux étapes et le produit plat en acier laminé à froid est soumis à un recuit recristallisant entre les étapes du laminage à froid.

11. Procédé selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** le degré de déformation obtenu par la première étape de laminage à froid est supérieur à 85 % et le degré de déformation obtenu par la seconde étape de laminage à froid est de 0,4 à 50 %.

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le produit plat en acier laminé à froid est galvanisé électrolytiquement.

13. Produit plat en acier fabriqué par application du procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes.

14. Utilisation d'un produit plat en acier selon la revendication 13 pour la fabrication de boîtes pour produits alimentaires, aliments pour animaux, boissons ou autres matériaux de remplissage, tels que des produits chimiques ou biologiques, ou pour la fabrication de boîtes d'aérosol, de bouchons, de capsules ou de pulvérisateurs.

15. Utilisation d'un produit plat en acier selon la revendication 13 pour des applications de transformation dont la formation de cornes déterminée selon ISO 11531 est < 0,86 mm.

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 2011012242 A1 [0008]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **W. BALD et al.** Innovative Technologie zur Bänderzeugung. *Stahl und Eisen*, 1999, vol. 119 (9), 77-85 [0003]
- **C. HENDRICKS.** Inbetriebnahme und erste Ergebnisse der Gießwalzanlage der Thyssen Krupp Stahl AG. *Stahl und Eisen*, 2000, vol. 120 (2), 61-68 [0003]