

(19)



(11)

EP 2 489 748 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
22.08.2012 Patentblatt 2012/34

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

(21) Anmeldenummer: **11154973.9**

(22) Anmeldetag: **18.02.2011**

(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:
• **Hammer, Brigitte, Dr.**
46562 Voerde (DE)

• **Mertens, Jörg, Dipl.-Ing.**
47169 Duisburg (DE)
• **Stick, Günther, Dipl.-Ing**
44869 Bochum (DE)

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

(54) **Aus einem Komplexphasenstahl hergestelltes warmgewalztes Stahlflachprodukt und Verfahren zu dessen Herstellung**

(57) Die Erfindung betrifft ein warmgewalztes Stahlflachprodukt, bei dem Zugfestigkeiten von mindestens 1100 MPa mit guten Dehnungseigenschaften und guten Verformungseigenschaften kombiniert sind. Dazu ist das Stahlflachprodukt aus einem Komplexphasenstahl hergestellt, der neben Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen (in Gew.-%) C: 0,13 - 0,2 %, Mn: 1,8 - 2,5 %, Si: 0,70 - 1,3 %, Al: 0,01 zu 0,1 %, P: bis zu 0,1 %, S: bis zu 0,01 %, Cr: 0,25 - 0,70 %, optional Mo, wobei die

Summe der Cr- und Mo-Gehalte 0,25 - 0,7 % beträgt, Ti: 0,08 - 0,2 %, B: 0,0005 - 0,005 %, enthält, und weist ein Gefüge auf, das höchstens zu 10 Vol.-% aus Restaustenit, zu 10 - 60 Vol.-% aus Martensit, zu höchstens 30 Vol.-% aus Ferrit und mindestens 10 Vol.-% Bainit besteht. Ebenso betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Herstellen eines solchen Stahlflachproduktes.

EP 2 489 748 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein aus einem Komplexphasenstahl hergestelltes warmgewalztes Stahlflachprodukt und ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Produktes.

[0002] Aus der EP 2 028 282 A1 ist ein aus einem Dualphasenstahl kaltgewalztes Stahlflachprodukt bekannt, der neben einer Zugfestigkeit von mindestens 950 MPa und einer guten Verformbarkeit auch eine Oberflächenbeschaffenheit aufweist, die es unter Anwendung eines einfachen Herstellverfahrens erlaubt, das aus diesem Stahl erzeugte Flachprodukt im unbeschichteten oder mit einem vor Korrosion schützenden Überzug versehenen Zustand zu einem komplex geformten Bauteil, wie einem Teil einer Automobilkarosserie, zu verformen. Dies wird dadurch erreicht, dass der erfindungsgemäße Stahl zu 20 - 70 % aus Martensit, bis zu 8 % aus Restaustenit und als Rest aus Ferrit und / oder Bainit besteht und (in Gew.-%): C: 0,10 - 0,20 %, Si: 0,10 - 0,60 %, Mn: 1,50 - 2,50 %, Cr: 0,20 - 0,80 %, Ti: 0,02 - 0,08 %, B: < 0,0020 %, Mo: < 0,25 %, Al: < 0,10 %, P: ≤ 0,2 %, S: ≤ 0,01 %, N: ≤ 0,012 % sowie als Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen enthält. Die in der Praxis aus solchem Stahl hergestellten Stahlflachprodukte erreichen Zugfestigkeiten von bis zu 1050 MPa.

[0003] Eine andere Möglichkeit der Herstellung eines hochfesten Stahls ist in der EP 0 966 547 B1 beschrieben. Gemäß dem dort erläuterten Verfahren wird ein Stahl der (in Gew.-%) 0,10 - 0,20 % C, 0,30 - 0,60 % Si, 1,50 - 2,00 % Mn, max. 0,08 % P, 0,30 - 0,80 % Cr, bis 0,40 % Mo, bis 0,20 % Ti und/oder Zr, bis 0,08 % Nb, Rest Fe und unvermeidbare Verunreinigungen enthält, erschmolzen, zu Brammen abgegossen und anschließend zu Warmband ausgewalzt. Die Walzendtemperatur liegt dabei oberhalb 800 °C. Anschließend erfolgt eine Abkühlung des Warmbands mit einer Abkühlgeschwindigkeit auf dem Auslaufrollgang von mindestens 30 °C/s, so dass die Umwandlung des Stahls weitestgehend in der Bainitstufe erfolgt und eine Umwandlung des Stahls zu Perlit vermieden wird. Anteile von Martensit im Gefüge des Warmbands können die Zugfestigkeiten weiter steigern. Des Weiteren trägt die vergleichbar schnelle Abkühlung zur Ausscheidung von feinsten Teilchen bei, durch die die Festigkeit weiter gesteigert wird. Der Abkühlvorgang ist bei einer Temperatur unter 600 °C zu beenden, indem das Band auf einen Haspel aufgewickelt wird und danach im Coil weiter abkühlt. Das so erhaltene Warmband erreicht regelmäßig Zugfestigkeiten von bis zu 1150 MPa.

[0004] Vor dem Hintergrund des voranstehend erläuterten Standes der Technik bestand die Aufgabe der Erfindung darin, ein Stahlflachprodukt zu schaffen, bei dem weiter gesteigerte Zugfestigkeiten mit guten Dehnungseigenschaften und damit einhergehend guten Verformungseigenschaften kombiniert sind. Ebenso sollte ein Verfahren zum Herstellen eines solchen Stahlflachproduktes angegeben werden.

[0005] In Bezug auf den Stahl ist diese Aufgabe durch einen Komplexphasenstahl mit der in Anspruch 1 genannten Zusammensetzung und Gefügestruktur gelöst worden.

[0006] Das die voranstehend angegebene Aufgabe erfindungsgemäß lösende Verfahren ist durch die in Anspruch 14 angegebenen Maßnahmen gekennzeichnet.

[0007] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben und werden nachfolgend wie der allgemeine Erfindungsgedanke im Einzelnen erläutert.

[0008] Der für die Herstellung eines erfindungsgemäß warmgewalzten Stahlflachproduktes verwendete Komplexphasenstahl enthält neben Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen (in Gew.-%) C: 0,13 - 0,2 %, Mn: 1,8 - 2,5 %, Si: 0,70 - 1,3 %, Al: bis zu 0,1 %, P: bis zu 0,1 %, S: bis zu 0,01 %, Cr: 0,25 - 0,70 %, optional Mo, wobei die Summe der Cr- und Mo-Gehalte 0,25 - 0,7 % beträgt, Ti: 0,08 - 0,2 % und B: 0,0005 - 0,005 %.

[0009] Dank seines Komplexphasengefüges besitzt ein aus dem erfindungsgemäßen Stahl warmgewalztes Stahlflachprodukt eine hohe Festigkeit bei gleichzeitig guter Dehnung. Dabei ist das Gefüge eines erfindungsgemäßen Stahlflachproduktes in Folge seiner in engen Grenzen ausgewählten Legierung dadurch gekennzeichnet, dass sein Gefüge höchstens zu 10 Vol.-% aus Restaustenit, zu 10 - 60 Vol.-% aus Martensit, zu höchstens 30 Vol.-% aus Ferrit und als Rest aus Bainit besteht, wobei der Anteil mindestens 10 Vol.-% betragen soll. Perlit ist in einem erfindungsgemäßen Stahlflachprodukt allenfalls in unwirksamen Spuren vorhanden, wobei der Perlit-Anteil möglichst auf ein Minimum reduziert ist.

[0010] Erfindungsgemäße Stahlflachprodukte erzielen so im warmgewalzten Zustand eine Zugfestigkeit R_m, die mehr als 1100 MPa beträgt, insbesondere regelmäßig mindestens 1150 MPa und mehr erreicht, und eine Streckgrenze Re von ebenso regelmäßig mindestens 720 MPa. Für seine Bruchdehnung A₈₀ können gleichzeitig Werte von mehr als 7 %, insbesondere mehr als 8 %, garantiert werden. Diese hohe Festigkeit gepaart mit den vergleichbar guten Dehnungseigenschaften sind durch die erfindungsgemäße Einstellung des Komplexphasengefüges erzielt worden.

[0011] Kohlenstoff wird im erfindungsgemäß verwendeten Komplexphasenstahl zur Gefügehärtung und zur Bildung von Feinstausscheidungen beigelegt. So bildet sich durch die Anwesenheit von C in den erfindungsgemäß vorgegebenen Gehalten von 0,13 - 0,2 Gew.-% ein für die gewünschte Härte ausreichend hoher Martensit- und Bainitanteil im Gefüge. Bei Gehalten von mehr als 0,20 Gew.-% behindert Kohlenstoff die Entstehung des gewünschten hohen bainitischen Gefügeanteils. Auch wirken sich höhere C-Gehalte negativ auf die Schweißbarkeit aus, was für die Anwendung des erfindungsgemäßen Materials beispielsweise im Bereich des Automobilbaus von besonderer Bedeutung ist. Besonders sicher kann die vorteilhafte Wirkung von Kohlenstoff in einem zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Stahlflachpro-

dukts verwendeten Stahls dann genutzt werden, wenn der C-Gehalt 0,15 - 0,18 Gew.-%, insbesondere höchstens 0,17 Gew.-%, beträgt.

[0012] Mangan verzögert bei einem Gehalt von mindestens 1,8 Gew.-% die Umwandlung und bewirkt die Bildung harter, festigkeitssteigernder Umwandlungsprodukte. So wird durch die Anwesenheit von Mn die Entstehung von Martensit unterstützt. Zur Vermeidung unzulässig starker Mikroseigerungen ist der Gehalt erfindungsgemäß auf max. 2,5 Gew.-% begrenzt, wobei die vorteilhaften Einflüsse von Mn dann besonders sicher eintreten, wenn der Mn-Gehalt des erfindungsgemäßen Stahls auf 2,05 - 2,2 Gew.-% beschränkt ist.

[0013] Si dient in einem erfindungsgemäß verwendeten Stahl ebenfalls zur Steigerung der Festigkeit, indem es einerseits die Mischkristallhärtung des Ferrits bzw. Bainits unterstützt und andererseits den Restaustenit stabilisiert. Der Restaustenitanteil trägt dabei zur Erhöhung von Dehnung und Festigkeit bei (TRIP-Effekt). Um die angestrebten hohen mechanischen Kennwerte zu erreichen, weist erfindungsgemäßer Stahl 0,70 - 1,3 Gew.-% Si, insbesondere mindestens 0,75 Gew.-% Si auf. Die festigkeits- und dehnungssteigernde Wirkung tritt dabei insbesondere dann ein, wenn der Si-Gehalt eines erfindungsgemäßen Stahls mindestens 0,75 Gew.-%, insbesondere mindestens 0,85 Gew.-% beträgt. Im Hinblick darauf, dass ein aus einem erfindungsgemäßen Stahl erzeugtes Flachprodukt eine für die weitere Verarbeitung und erforderlichenfalls aufgetragene Beschichtungen optimale Oberflächenbeschaffenheit besitzen soll, ist gleichzeitig die Obergrenze des Si-Gehaltes auf 1,3 Gew.-% festgelegt worden. Auch ist bei Einhaltung dieser Obergrenzen die Gefahr von Korngrenzenoxidation minimiert. Dabei lässt sich ein ungünstiger Einfluss von Si auf die Eigenschaften des erfindungsgemäß verwendeten Stahls dadurch mit noch größerer Sicherheit vermeiden, dass der Si-Gehalt des erfindungsgemäßen Stahls auf 1,1 Gew.-%, insbesondere 0,95 Gew.-%, beschränkt ist.

[0014] Der Stahl, aus dem das erfindungsgemäße Stahlflachprodukt besteht, ist Al-beruhigt. Aluminium wird bei der Erschmelzung eines erfindungsgemäßen Stahls zur Desoxidation und zum Abbinden von gegebenenfalls in dem Stahl enthaltenem Stickstoff genutzt. Zu diesem Zweck kann dem erfindungsgemäßen Stahl erforderlichenfalls Al in Gehalten von weniger als 0,1 Gew.-% zugegeben werden, wobei die gewünschte Wirkung von Al dann besonders sicher eintritt, wenn dessen Gehalte im Bereich von 0,01 - 0,06 Gew.-%, insbesondere 0,020 - 0,050 Gew.-%, liegen.

[0015] Phosphor kann zur weiteren Steigerung der Mischkristallverfestigung eingesetzt werden, sollte aber aus Gründen der Schweißbarkeit wegen der sonst steigenden Gefahr der Bildung von Seigerungen einen Gehalt von 0,1 Gew.-% nicht übersteigen.

[0016] Bei unterhalb der erfindungsgemäß vorgegebenen Obergrenze liegenden Gehalten an Schwefel wird die Bildung von MnS bzw. (Mn,Fe)S in dem erfindungsgemäß verwendeten Stahl unterdrückt, so dass eine gute Dehnbarkeit des erfindungsgemäßen Stahlflachprodukts gewährleistet ist. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn der S-Gehalt unter 0,003 Gew.-% liegt.

[0017] Chrom behindert bei Gehalten von mindestens 0,25 Gew.-% die Ferrit- und Perlitbildung. Es fördert dementsprechend die Bildung eines Härtingsgefüges und damit die Festigkeit des für das erfindungsgemäße Stahlflachprodukt verwendeten Stahls. Um die Umwandlung nicht zu stark zu verzögern, sollte sein Gehalt auf max. 0,7 Gew.-% begrenzt werden. Indem der Cr-Gehalt eines erfindungsgemäßen Stahls auf 0,7 Gew.-% beschränkt ist, ist die Gefahr der Entstehung von Korngrenzenoxidation vermindert und die guten Dehnungseigenschaften des erfindungsgemäßen Stahls gesichert. Auch wird bei Einhaltung dieser Obergrenze eine Oberfläche des aus dem Stahl erzeugten Stahlflachproduktes erreicht, die gut mit einer metallischen Beschichtung versehen werden kann.

[0018] Die optional vorhandenen Gehalte an Molybdän tragen wie Cr zur Erhöhung der Festigkeit eines erfindungsgemäßen Stahls bei, indem es die Bildung von Feinstausscheidungen und von Martensit im Gefüge des Stahls unterstützt. Dabei wirkt sich die Anwesenheit von Mo nicht negativ auf die Beschichtbarkeit des Flachproduktes mit einer metallischen Beschichtung und seiner Dehnbarkeit aus. Praktische Versuche haben gezeigt, dass sich die positiven Einflüsse von Mo bis zu Gehalten von 0,25 Gew.-%, insbesondere 0,22 Gew.-%, auch unter Kostengesichtspunkten besonders effektiv nutzen lassen. So wirken sich bereits Gehalte von 0,05 Gew.-% Mo positiv auf die Eigenschaften des erfindungsgemäßen Stahls aus.

[0019] Um jedoch zu verhindern, dass die Bruchdehnung durch einen zu hohen Martensitanteil negativ beeinflusst wird, ist die Summe der Cr- und Mo-Gehalte in einem erfindungsgemäß verwendeten Stahl auf 0,25 - 0,7 Gew.-% beschränkt.

[0020] Mit Titan in Gehalten von mindestens 0,08 bis höchstens 0,2 Gew.-%, insbesondere 0,09 - 0,15 Gew.-%, lässt sich in erfindungsgemäßem Stahl die Bildung von Feinstausscheidungen in Form von von TiC bzw. Ti(C,N) mit aushärtender Wirkung unterstützen und eine Kornfeinung bewirken. Eine weitere positive Wirkung von Ti besteht in der Abbindung eventuell vorhandenen Stickstoffs, so dass die Bildung von Bornitriden im erfindungsgemäßen Stahl verhindert wird. Durch die Anwesenheit von Ti wird somit im Fall einer Zugabe von Bor zur Festigkeitssteigerung auch sichergestellt, dass das Bor seine Wirkung im gelösten Zustand voll entfalten kann. Besonders sicher kann die positive Wirkung von Ti in einem erfindungsgemäßen Stahl genutzt werden, wenn sein Ti-Gehalt 0,11 - 0,13 Gew.-% beträgt.

[0021] Bor verbessert bei erfindungsgemäß verwendetem Stahl die Härbarkeit, wenn B in Gehalten von 0,0005 - 0,005 Gew.-% vorhanden ist. Im Austenit seigert Bor an die Korngrenzen und behindert die Ferrit- und Perlitbildung. Dabei ruft Bor eine signifikante Steigerung der Festigkeit bei nur geringer Erniedrigung der Umformbarkeit hervor. Die

günstigen Einflüsse von B auf die erfindungsgemäße Legierung stellen sich dann besonders sicher ein, wenn der B-Gehalt des erfindungsgemäßen Stahls auf 0,001 - 0,002 Gew.-% festgelegt ist.

[0022] In erfindungsgemäßer Weise beschaffene Stahlflachprodukte zeichnen sich durch eine besonders hohe Feinkörnigkeit, eine hohe Streckgrenze und eine erhöhte Festigkeit aus. Die in seinem Gefüge enthaltenen Anteile an Martensit, Bainit und Feinstausscheidungen tragen zur hohen Festigkeit bei. Die Restaustenit- und Ferritanteile des Gefüges stellen seine guten Dehnungseigenschaften sicher.

[0023] Sollen erfindungsgemäß erzeugte Stahlflachprodukte besonders gegen Korrosion geschützt werden, so können die Warmbänder vor oder nach ihrer Umformung zu einem Bauteil mit einem metallischen Schutzüberzug versehen werden. Dies kann durch Feuerverzinken, oder elektrolytisches Beschichten erfolgen.

[0024] Bei der erfindungsgemäßen Erzeugung eines erfindungsgemäßen warmgewalzten Stahlflachprodukts mit einer Zugfestigkeit von mehr als 1100 MPa und dem voranstehend erläuterten Gefüge wird zunächst eine Stahlschmelze mit einer unter die Legierung des erfindungsgemäß verwendeten Stahls fallende Zusammensetzung zu einem Vorprodukt vergossen, bei dem es sich typischerweise um einen Strang, der zu Brammen oder Dünnbrammen geschnitten wird, handelt.

[0025] Anschließend wird das Vorprodukt auf eine 1150 - 1350 °C betragende Temperatur erwärmt, um für das anschließend erfolgende Warmwalzen ein vollständig austenitisches Gefüge des Stahls zu gewährleisten und die Ausscheidungen in Lösung zu bringen.

[0026] Ausgehend von dieser Erwärmungstemperatur wird das Vorprodukt dann zu einem Warmband warmgewalzt, wobei die Endtemperatur des Warmwalzens 800 - 950 °C beträgt. Die Walzendtemperatur sollte im Bereich des homogenen Austenits und damit nicht unter 800 °C liegen, um verformungsinduzierte Ausscheidungen gering zu halten und die Ausprägung der angestrebten Gefügezusammensetzung zu ermöglichen.

[0027] Nach dem Warmwalzen wird das erhaltene Warmband mit einer Abkühlgeschwindigkeit, die mindestens 30 °C/s beträgt, auf die jeweils gewählte Haspeltemperatur abgekühlt. Die Abkühlbedingungen sind so zu wählen, dass eine Umwandlung zu Perlit vermieden wird und die Umwandlung weitestgehend so erfolgt, dass die hohen Bainit-Anteile sowie die erfindungsgemäß vorgegebenen Anteile an Martensit und Restaustenit erhalten werden.

[0028] Der Abkühlvorgang wird beendet, wenn der erfindungsgemäß vorgegebene Bereich der Haspeltemperatur von 400 - 570 °C erreicht ist, in der die Bainitstufe des erfindungsgemäßen Stahls erreicht ist. Das entsprechend abgekühlte Warmband wird dann zu einem Coil gewickelt und kühlt im Coil weiter ab. Dabei kommt es zu weiteren Umwandlungen in Bainit und Martensit und zur Ausscheidungsbildung.

[0029] Aufgrund seiner besonderen Kombination aus hoher Festigkeit und guten Dehnungseigenschaften eignet sich erfindungsgemäßer Stahl insbesondere zur Herstellung von im praktischen Einsatz hoch belasteten Profilen sowie für crash- und festigkeitsrelevante Bauteile für Fahrzeugkarosserien.

AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

Versuch 1

[0030] Unter Laborbedingungen ist ein Stahl mit der in Tabelle 1 angegebenen Zusammensetzung erschmolzen und zu Blöcken vergossen worden.

[0031] Anschließend sind die Blöcke auf 1270 °C erwärmt und ausgehend von dieser Temperatur zu Warmband mit einer Dicke von 2,5 mm warmgewalzt worden. Die Warmwalzendtemperatur betrug 900 °C.

[0032] Das erhaltene Warmband ist nach dem Warmwalzen mit einer Abkühlgeschwindigkeit von 80 °C/s und bei einer Temperatur von 490 °C im Ofen langsam abgekühlt worden, um das Abkühlen im Coil zu simulieren.

[0033] Das erhaltene Warmband wies quer zur Walzrichtung eine Zugfestigkeit Rm von 1192 MPa und eine Dehnung A80 von 10,5 % auf. Das erhaltene Gefüge besteht aus 35 - 40 Vol.-% Martensit, etwa 5 Vol.-% Ferrit, 6 Vol.-% Restaustenit und als Rest aus Bainit.

[0034] Für einen ersten Vergleich sind die in der voranstehend erläuterten Weise erzeugten Warmbänder nach dem Warmwalzen zunächst auf eine Temperatur von 75 °C und anschließend im Ofen langsam weiter auf Raumtemperatur abgekühlt worden, um auch hier das Abkühlen im Coil zu simulieren. Die so erhaltenen Warmbänder wiesen eine Zugfestigkeit Rm von 1550 MPa und eine vergleichbar niedrige Dehnung A80 von 5,9 % auf. Sie waren überwiegend martensitisch.

[0035] Für einen zweiten Vergleich sind die voranstehend erläuterten Warmbänder nach dem Warmwalzen zunächst auf eine der "Haspeltemperatur" entsprechende Temperatur von 600 °C abgekühlt und daraufhin wiederum langsam auf Raumtemperatur gekühlt worden, um die Abkühlung im Coil zu simulieren. Die so erhaltenen Warmbänder wiesen eine Zugfestigkeit Rm von 955 MPa und eine Dehnung A80 von 15,5 % auf. Das Gefüge bestand aus Ferrit mit einem Perlit-Anteil von 25 - 30 Vol.-%.

Versuch 2

[0036] Ebenfalls unter Laborbedingungen ist ein Stahl mit der in Tabelle 2 angegebenen Zusammensetzung erschmolzen und zu Blöcken vergossen worden. Im Unterschied zu dem beim ersten Versuch untersuchten Stahl enthielt dieser Stahl zusätzlich 0,25 Gew.-% Mo.

[0037] Anschließend sind die Blöcke auf 1270 °C erwärmt und ausgehend von dieser Temperatur zu Warmband mit einer Dicke von 2,5 mm warmgewalzt worden. Die Warmwalzendtemperatur betrug 900 °C.

[0038] Das erhaltene Warmband ist nach dem Warmwalzen mit einer Abkühlgeschwindigkeit von 80 °C/s auf eine "Haspeltemperatur" von 550 °C abgekühlt worden, ab der wiederum die Coilabkühlung in der voranstehend schon beschriebenen Weise simuliert worden ist.

[0039] Das erhaltene Warmband wies eine Zugfestigkeit R_m von 1180 MPa und eine Dehnung A₈₀ von 11 %. Ihr Gefüge wies einen Martensitanteil von 35 - 40 Vol.-%, einen Restaustenit-Gehalt von 7,5 Vol.-%, einen Ferrit-Gehalt von 10 Vol.-% und als Rest Bainit auf

Versuch 3

[0040] Für einen Betriebsversuch 3a - 3c ist ein Stahl mit der in Tabelle 3 angegebenen erfindungsgemäßen Legierung erschmolzen und zum Strang vergossen worden. Die von dem Strang abgeteilten Brammen sind anschließend auf eine Temperatur von ca. 1260 °C wiedererwärmt, daraufhin mit einer Warmwalzendtemperatur WET zu Warmbändern mit einer Dicke D warmgewalzt und schließlich mit einer Abkühlrate V_T auf einer Haspeltemperatur HT abgekühlt worden, bei der sie zu einem Coil gehaspelt worden sind. Die jeweils eingestellten Parameter und die mechanischen Eigenschaften der erhaltenen Warmbänder (quer zur Walzrichtung bestimmt) sind in Tabelle 4 angegeben.

[0041] Es zeigte sich, dass das beim Betriebsversuch 3c erhaltene Warmband aufgrund der zu hohen Haspeltemperatur durch einen hohen Ferritanteil (und Perlit) eine deutlich niedrigere Zugfestigkeit aufwies als die in den Versuchen 3a und 3b erhaltenen, im erfindungsgemäßen Temperaturbereich gehaspelten Warmbänder.

Versuch 4

[0042] Für einen zum Vergleich durchgeführten weiteren Betriebsversuch V ist ein Stahl mit der in Tabelle 5 angegebenen, aufgrund ihres deutlich zu geringen Si-Gehaltes und ihrer ebenfalls zu geringen Gehalte an Mn, Cr und Ti nicht erfindungsgemäßen Legierung erschmolzen und zu einem Strang vergossen worden, von dem Brammen abgeteilt worden sind. Die Brammen sind anschließend auf eine Temperatur von 1250 °C wiedererwärmt, daraufhin mit einer Warmwalzendtemperatur WET zu einem Warmband mit einer Dicke D warmgewalzt und schließlich mit einer Abkühlrate V_T auf einer Haspeltemperatur HT abgekühlt worden, bei der sie zu einem Coil gehaspelt worden sind. Die jeweils eingestellten Parameter und die mechanischen Eigenschaften des erhaltenen Warmbands sind in Tabelle 6 angegeben.

[0043] Es zeigte sich, dass das beim Vergleichsversuch V erhaltene Warmband zwar eine hohe Zugfestigkeit aufwies, dass jedoch seine Dehnungseigenschaften ungenügend waren.

Tabelle 1

C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Mo	N	Ti	B
0,15	0,89	2,06	0,013	0,004	0,041	0,36	-	0,0047	0,12	0,0011
Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen, Angaben in Gew.-%										

Tabelle 2

C	Si	Mn	P	s	Al	Cr	Mo	N	Ti	B
0,155	0,87	1,94	0,013	0,006	0,029	0,36	0,25	0,0050	0,11	0,0009
Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen, Angaben in Gew.-%										

EP 2 489 748 A1

Tabelle 3

C	Si	Mn	Al	Cr	Mo	N	Ti	B
0,16	0,86	2,05	0,033	0,33	-	0,004	0,12	0,002
Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen, Angaben in Gew.-%								

Tabelle 4

Versuch	WET [°C]	D [mm]	V _T [°C/s]	HT [°C]	Re [MPa]	Rm [MPa]	A80 [%]	Erfindungsgemäß?
3a	900	3	50	470	794	1194	11,0	JA
3b	900	1,6	90	500	825	1203	9,6	JA
3c	910	1,6	85	590	693	789	14,7	NEIN

Tabelle 5

C	Si	Mn	Al	Cr	Mo	N	Ti	B
0,12	0,08	1,40	0,029	0,23	0,23 -	0,004	0,04	0,001
Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen, Angaben in Gew.-%								

Tabelle 6

Versuch	WET [°C]	D [mm]	V _T [°C/s]	HT [°C]	Re [MPa]	Rm [MPa]	A80 [%]	Erfindungsgemäß?
V	860	1,6	125	50	1012	1284	6,3	NEIN

Patentansprüche

- Warmgewalztes Stahlflachprodukt mit einer hohen Zugfestigkeit von mindestens 1100 MPa und guter Dehnbarkeit, das aus einem Komplexphasenstahl, der neben Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen (in Gew.-%)
C: 0,13 - 0,2 %,
Mn: 1,8 - 2,5 %,
Si: 0,70 - 1,3 %,
Al: 0,01 zu 0,1 %,
P: bis zu 0,1 %,
S: bis zu 0,01 %,
Cr: 0,25 - 0,70 %, optional Mo, wobei die Summe der Cr- und Mo-Gehalte 0,25 - 0,7 % beträgt,
Ti: 0,08 - 0,2 %, B: 0,0005 - 0,005 %, enthält, hergestellt ist und ein Gefüge aufweist, das höchstens zu 10 Vol.-% aus Restaustenit, zu 10 - 60 Vol.-% aus Martensit, zu höchstens 30 Vol.-% aus Ferrit und mindestens 10 Vol.-% Bainit besteht.
- Stahlflachprodukt nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der C-Gehalt des Komplexphasenstahls 0,15 - 0,18 Gew.-% beträgt.
- Stahlflachprodukt nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der C-Gehalt des Komplexphasenstahls höchstens 0,17 Gew.-% beträgt.
- Stahlflachprodukt nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Mn-Gehalt des Komplexphasenstahls 2,05 - 2,2 Gew.-% beträgt.
- Stahlflachprodukt nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Si-Gehalt des

EP 2 489 748 A1

Komplexphasenstahls mindestens 0,75 Gew.-% beträgt.

- 5
6. Stahlflachprodukt nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Si-Gehalt des Komplexphasenstahls höchstens 1,1 Gew.-% beträgt.
7. Stahlflachprodukt nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Si-Gehalt des Komplexphasenstahls mindestens 0,85 Gew.-% beträgt.
- 10
8. Stahlflachprodukt nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Si-Gehalt des Komplexphasenstahls höchstens 0,95 Gew.-% beträgt.
9. Stahlflachprodukt nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Al-Gehalt des Komplexphasenstahls 0,02 - 0,05 Gew.-% beträgt.
- 15
10. Stahlflachprodukt nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Cr-Gehalt des Komplexphasenstahls 0,30 - 0,40 Gew.-% beträgt.
- 20
11. Stahlflachprodukt nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ti-Gehalt des Komplexphasenstahls 0,09 - 0,15 Gew.-% beträgt.
12. Stahlflachprodukt nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ti-Gehalt des Komplexphasenstahls 0,11 - 0,13 Gew.-% beträgt.
- 25
13. Stahlflachprodukt nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der B-Gehalt des Komplexphasenstahls 0,001 - 0,002 Gew.-% beträgt.
14. Verfahren zum Erzeugen eines warmgewalzten Stahlflachprodukts, umfassend folgende Arbeitsschritte:
- 30
- Vergießen eines gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13 beschaffenen Komplexphasenstahl zu einem Vorprodukt,
 - Erwärmen des Vorprodukts auf eine 1150 - 1350 °C betragende Temperatur,
 - Warmwalzen des Vorprodukts zu einem Warmband, wobei die Endtemperatur des Warmwalzens 800 - 950 °C beträgt,
 - Abkühlen des erhaltenen Warmbands mit einer Abkühlgeschwindigkeit, die mindestens 30 °C/s beträgt,
 - Haspeln des erhaltenen Warmbands bei einer 400 - 570 °C betragenden Haspeltemperatur.
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 11 15 4973

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 2 103 704 A1 (SWISS STEEL AG [CH]) 23. September 2009 (2009-09-23) * Absätze [0007] - [0009], [0 14], [0019], [0026] - [0028]; Ansprüche 1-8; Tabellen 1-3 *	1-14	INV. C21D8/02 C22C38/02 C22C38/04 C22C38/38
A	EP 1 918 406 A1 (THYSSENKRUPP STEEL AG [DE]) 7. Mai 2008 (2008-05-07) * das ganze Dokument *	1-14	
A	DATABASE COMPENDEX [Online] ENGINEERING INFORMATION, INC., NEW YORK, NY, US; September 2002 (2002-09), PYSHMINTSEV I Y ET AL: "Microstructure and properties of hot-rolled high strength multiphase steels for automotive application", XP002651550, Database accession no. E2002447170695 * Zusammenfassung * & STEEL RESEARCH SEPTEMBER 2002 VERLAG STAHL EISEN GMBH DE, Bd. 73, Nr. 9, September 2002 (2002-09), Seiten 392-402,	1-14	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			C21D C22C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 20. Juli 2011	Prüfer Rischard, Marc
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 : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, 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	

 2
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 11 15 4973

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.

20-07-2011

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2103704	A1	23-09-2009	KEINE
EP 1918406	A1	07-05-2008	AT 432376 T 15-06-2009
		CN 101528970 A 09-09-2009	
		WO 2008052919 A1 08-05-2008	
		ES 2325962 T3 25-09-2009	
		JP 2010508435 A 18-03-2010	
		KR 20090084815 A 05-08-2009	
		US 2010043513 A1 25-02-2010	

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 2028282 A1 [0002]
- EP 0966547 B1 [0003]