



(11) **EP 2 179 066 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
01.05.2013 Patentblatt 2013/18

(51) Int Cl.:
C21D 1/74 ^(2006.01) **C21D 3/04** ^(2006.01)
C21D 8/02 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08786978.0**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2008/060378

(22) Anmeldetag: **07.08.2008**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2009/024472 (26.02.2009 Gazette 2009/09)

(54) **VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINES OBERFLÄCHENENTKOHLTEN WARMBANDS**

METHOD FOR PRODUCING A SURFACE-DECARBONIZED HOT-ROLLED STRIP

PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UN FEUILLARD À CHAUD DÉCARBURÉ EN SURFACE

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

- **GRAFEN, Axel**
41812 Erkelenz (DE)
- **SABATINO, Giovanni**
46539 Dinslaken (DE)

(30) Priorität: **17.08.2007 DE 102007039013**

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

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
28.04.2010 Patentblatt 2010/17

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

(56) Entgegenhaltungen:
JP-A- 6 158 157 JP-A- 55 094 444
JP-A- 56 055 520 JP-A- 62 196 321

(72) Erfinder:
• **BIAN, Jian**
50827 Köln (DE)

EP 2 179 066 B1

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

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines entkohlten Warmbands, das aus einem mindestens 0,4 Gew.-% Kohlenstoff enthaltenden Vergütungsstahl erzeugt ist. Aus Stählen dieser Art hergestellte Warmbänder weisen eine hohe Härte auf und sind daher insbesondere für die Herstellung von Gegenständen geeignet, die im Einsatz hohen lokal begrenzten Belastungen ausgesetzt sind. Dies ist zum Beispiel bei Stanzmessern oder vergleichbaren schneidenden Werkzeugen der Fall, bei denen im praktischen Einsatz sowohl die Schneidkante als auch der die Schneidkante tragende Messerkörper während des Schneidvorgangs hohe Kräfte aufnehmen müssen.

[0002] Den Vorteilen einer Verwendung von Vergütungsstählen mit vergleichbar hohen Kohlenstoff-Gehalten steht der Nachteil gegenüber, dass derartige Stähle aufgrund ihrer großen Härte nur vergleichbar schwer verformt werden können. Dies führt dazu, dass es beispielsweise bei einer Verformung dünner, aus Vergütungsstahl mit hoher Härte hergestellten Blechen zur Bildung von Rissen an der Blechoberfläche kommt, von denen unter Belastung dann ein Bruch des aus dem jeweiligen Blech hergestellten Bauteils ausgehen kann.

[0003] Grundsätzlich ist es bekannt, dass die Verformbarkeit von Stählen durch Entkohlungsglühen verbessert werden kann. So werden beispielsweise für eine Tiefziehverformung bestimmte, aus weichen Stählen gefertigte Stähle einer Entkohlungsglühung unterzogen. Ziel ist dabei, eine möglichst gleichmäßige Reduzierung des Kohlenstoff-Gehalts über den gesamten Blechquerschnitt zu erhalten, um ein möglichst gleichmäßiges Verformungsverhalten sicherzustellen.

[0004] Ein Beispiel für ein Entkohlungsglühen eines Kaltbands, das für eine Tiefzieh-Verarbeitung bestimmt und aus einem Stahl mit geringen, typischerweise deutlich weniger als 0,03 Gew.-% betragenden Kohlenstoffgehalten erzeugt ist, ist in der GB 1,189,464 beschrieben. Bei diesem bekannten Verfahren wird aus einer Bramme ein Warmband bei einer Endwalztemperatur von 850 - 950 °C warmgewalzt. Das erhaltene Warmband wird dann bei einer Haspeltemperatur von 600 °C gehaspelt und anschließend auf die gewünschte Enddicke kaltgewalzt.

[0005] Nach dem Kaltwalzen wird das Kaltband gemäß dem bekannten Verfahren zu einem "Open-Coil" gewickelt und als Open-Coil entkohlend geglüht. Ein solches Open-Coil ist so locker gewickelt, dass seine einzelnen Wickellagen durch Freiräume voneinander getrennt sind. Auf diese Weise kann das Reaktionsgas durch die zwischen den einzelnen Lagen des Coils vorhandenen Zwischenräume hindurch strömen, so dass bei optimierter Gasstromführung jede Oberfläche des Coils in gleicher Weise von dem Gas überstrichen wird.

[0006] Um den gemäß der GB 1,189,464 geforderten Grad der Entkohlung zu erreichen, sind lange Glühzeiten erforderlich. So muss ein 0,04 Gew.-% C enthaltender

Stahl gemäß der GB 1,189,464 zunächst 8 bis 12 Stunden unter einer im Wesentlichen trockenen Atmosphäre auf die geforderte Entkohlungsglühtemperatur erwärmt werden. Anschließend wird dann Wasserdampf im Verhältnis 200:1 in die Ofenatmosphäre gegeben, um den Entkohlungsprozess in Gang zu bringen. Dann wird die Entkohlungsglühung für weitere 10 Stunden unter der so gebildeten reduzierenden Atmosphäre fortgesetzt, bis die gewünschte Reduzierung des Kohlenstoff-Gehaltes erreicht ist.

[0007] Eine andere Möglichkeit des Entkohlungsglühens eines für Tiefziehzwecke bestimmten, 0,03 - 0,06 Gew.-% Kohlenstoff enthaltenden Kaltbands ist in der DE-OS 2 105 218 beschrieben. Bei diesem Verfahren wird das Kaltband im Durchlauf durch einen Ofen geleitet, in der bei einer weniger als 780 °C betragenden Glühtemperatur eine reduzierende Atmosphäre aufrecht erhalten wird. Die Durchlaufzeit des Bandes durch den Glühofen wird dabei so eingestellt, dass sein Kohlenstoff-Gehalt beim Austritt aus dem Glühofen weniger als 0,01 Gew.-% beträgt.

[0008] Neben dem voranstehend erläuterten Stand der Technik ist aus der JP 06 158157 A ein Verfahren zur Herstellung eines Stahlbands bekannt, bei dem aus einem Stahl mit einem C-Gehalt von 0,3 - 2 Gew.-% ein kaltgewalztes Stahlband erzeugt und dieses kaltgewalzte Stahlband anschließend zu einem Open Coil gewickelt wird. Das Open Coil wird dann einer Glühbehandlung unterzogen, bei der es auf eine Glühtemperatur erwärmt wird, die zwischen der A₁-Temperatur als obere Grenztemperatur und einer um bis zu 120 °C unterhalb der A₁-Temperatur liegenden unteren Grenztemperatur reicht. Bei dieser Glühtemperatur wird das Stahlband für 1 - 15 Stunden unter einer entkohlenden Atmosphäre gehalten. Diese Art der Entkohlungsbehandlung wird mit dem Ziel durchgeführt, die beim entkohlenden Glühen erreichte Entkohlungstiefe zu gleichmäßigigen und eine ordnungsgemäße Anbindung zwischen der entkohlten Schicht und dem nicht entkohlten, kugelige Karbide enthaltenden Kernbereich des Stahlblechs zu gewährleisten.

[0009] Vor diesem Hintergrund lag der Erfindung die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren zu schaffen, dass die Erzeugung von Stahlband erlaubt, bei dem hohe Härte einerseits und gute Verformbarkeit andererseits miteinander optimal kombiniert sind.

[0010] Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß durch das in Anspruch 1 angegebene Verfahren gelöst worden. Vorteilhafte Ausgestaltungen dieses Verfahrens sind in den auf Anspruch 1 rückbezogenen Ansprüchen angegeben.

[0011] Gemäß der Erfindung wird zunächst in bekannter Weise aus einem mindestens 0,4 Gew.-% Kohlenstoff enthaltenden Vergütungsstahl ein Stahlband erzeugt. Bei diesem Stahlband kann es sich um ein Kalt- oder ein Warmband handeln, wobei sich die erfindungsgemäße Vorgehensweise insbesondere für die Behandlung von Warmband eignet, das mit einer bestimmten, über der

Dicke von Kaltband liegenden Dicke verarbeitet werden soll..

[0012] Das Stahlband wird erfindungsgemäß zu einem Open-Coil gewickelt und als Open-Coil über eine ausreichend lange Zeitspanne auf eine Entkohlungsglüh-temperatur erwärmt. Diese kann bis zu 20 °C, insbesondere bis zu 10 °C, unterhalb der A_{C1} -Temperatur des jeweiligen Vergütungsstahls liegen und darf die A_{C3} -Temperatur des jeweiligen Vergütungsstahls nicht überschreiten.

[0013] Anschließend erfolgt das entkohlende Glühen des Stahlbands im Open-Coil unter einer entkohlenden Atmosphäre für eine Entkohlungsglühzeit von mindestens 90 Minuten. Während der Entkohlungsglühzeit strömt das die entkohlende Atmosphäre bildende Entkohlungsgas durch die zwischen den Wickellagen des Open-Coils vorhandenen Zwischenräume.

[0014] Der Vorteil des erfindungsgemäßen Entkohlungsglühens bei zu einem Open-Coil gewickelten Stahlband besteht darin, dass sich auf diese Weise zeitsparend eine gleichmäßige Temperaturverteilung über die Länge und Breite des jeweils verarbeiteten Stahlbands erreichen lässt. Die Glühbedingungen sind dabei erfindungsgemäß so gewählt, dass über das gesamte Band ein gleichmäßig verteilter Gefügestand vorliegt. So ist durch den erfindungsgemäß vorgegebenen Bereich der Glüh-temperatur gewährleistet, dass im jeweils verarbeiteten Band noch ausreichende Mengen an Ferrit vorhanden sind, um eine schnelle Diffusion des Kohlenstoffs zu ermöglichen. Diese ist im Ferrit um bis zu hundertfach schneller als im Austenit.

[0015] Um möglichst kurze Glühzeiten zu erreichen, wird die Entkohlungsglüh-temperatur erfindungsgemäß bevorzugt in einen Bereich eingestellt, der um 10 - 20 °C niedriger ist als die A_{C1} -Temperatur. Bei dieser Einstellung der Entkohlungsglüh-temperatur ist sichergestellt, dass der Vergütungsstahl des jeweils verarbeiteten Stahlbands ein ferritisches Gefüge besitzt, so dass eine optimale Diffusionsgeschwindigkeit des Kohlenstoffs erreicht wird.

[0016] Im Anschluss an das Entkohlungsglügen wird das Open-Coil beschleunigt abgekühlt, um eine in Folge der Eigenhitze des Coils eventuell eintretende, unerwünschte und in ihrem Umfang unsichere Nachdiffusion von Kohlenstoff in die zuvor gezielt entkohlte Oberflächenschicht zu verhindern. Die beschleunigte Abkühlung sollte dabei so schnell wie möglich, möglichst sofort, nach dem Ende der Entkohlungsglühzeit einsetzen und mit einer Abkühlgeschwindigkeit von mindestens 1 °C/min erfolgen.

[0017] Erfindungsgemäß wird die beschleunigte Abkühlung unter Schutzgas durchgeführt. Diese Maßnahme dient ebenfalls dazu, eine unkontrollierte Entkohlung des Stahlbands während der Abkühlung weitestgehend zu verhindern.

[0018] Bei einem so in erfindungsgemäßer Weise behandelten Stahlblech ist eine ausgehend von der jeweiligen Oberfläche des Stahlbands gemessene entkohlte Oberflächenschicht vorhanden, deren Tiefe jeweils klei-

ner als ein Viertel der Dicke des Stahlbands ist, so dass nur oberflächennahe Bereiche in die erfindungsgemäße Entkohlung einbezogen sind. In der Praxis werden die Parameter des erfindungsgemäßen Verfahrens bevorzugt so gewählt, dass Entkohlungstiefen von maximal 120 µm, insbesondere 30 - 120 µm, erreicht werden.

[0019] Das bei erfindungsgemäßer Vorgehensweise erhaltene Stahlband ist folglich dadurch gekennzeichnet, dass es in Folge der Entkohlungsbehandlung eine hohe Biegeumformbarkeit im Bereich einer oberflächennahen Schicht besitzt. Gleichzeitig weist das erfindungsgemäß behandelte Band aufgrund des Umstandes, dass im Kernbereich des fertig entkohlten Stahlbands noch der hohe Anfangskohlenstoff-Gehalt erhalten ist, eine hohe Kernhärte auf.

[0020] Insgesamt weist erfindungsgemäß wärmebehandeltes Stahlband in Folge des Weichglühzustands (keine Perlitbildung nach der Glühung) eine gegenüber dem Ausgangszustand abgesenkte Festigkeit auf, die sich günstig auf die Möglichkeiten der Weiterverarbeitung auswirkt.

[0021] Aufgrund der vergleichbar niedrigen Entkohlungsglüh-temperaturen und der kurzen Glühzeiten lässt sich das erfindungsgemäße Verfahren besonders kostengünstig und effizient durchführen.

[0022] Die besondere Eigenschaftskombination eines erfindungsgemäß behandelten, aus einem Vergütungsstahl erzeugten Stahlblechs erlaubt es, solches Stahlband ohne die Gefahr von Rissbildung zu verformen. Als solches lässt sich erfindungsgemäß hergestelltes Stahlblech beispielsweise besonders gut für die Herstellung von Stanzmessern oder ähnlichen Gegenständen verwenden, die erforderlichenfalls stark gebogen werden müssen, um die ihnen zuge dachte Form zu erhalten.

[0023] Dabei kann die Fertigung eines Halbzeugs aus erfindungsgemäß hergestelltem Stahlblech Trennoperationen, wie Stanzen oder Schneiden, sowie Umformoperationen, wie Tiefziehen oder Biegen, umfassen. Erforderlichenfalls können die derart gefertigten Halbzeuge auch eine abschließende Vergütungsbehandlung durchlaufen.

[0024] Die bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens jeweils gewählte Entkohlungszeit richtet sich nach der jeweils geforderten Entkohlungstiefe. Typischerweise beträgt sie mindestens 90 Minuten. Unter den durch die Erfindung vorgegebenen Betriebsparametern lässt sich in dieser Zeit erfahrungsgemäß beispielsweise bei Vergütungsstählen mit einem C-Gehalt von 0,55 Gew.-% eine Entkohlungstiefe von mindestens 30 µm erreichen.

[0025] Grundsätzlich lässt sich die Dauer, über die die erfindungsgemäße Entkohlungsbehandlung durchgeführt werden muss, um eine bestimmte Entkohlungstiefe zu erreichen, bei gegebener Entkohlungstemperatur, vorgegebener Entkohlungstiefe und vorgegebenem Taupunkt der Entkohlungsatmosphäre anhand des Kohlenstoffgehaltes und des Coilgewichtes des zu behandelnden Stahlbands bestimmen. Soll die Entkohlungs-

tiefe auf maximal 120 µm beschränkt werden, so kann dazu erfahrungsgemäß die Entkohlungsglühzeit auf maximal 120 Minuten beschränkt werden.

[0026] In an sich bekannter Weise wird auch bei der Durchführung der erfindungsgemäßen Entkohlung als Entkohlungsgas ein Gasgemisch aus Stickstoff, Wasserstoff und Wasserdampf verwendet. Typischerweise enthält eine solche entkohlende Atmosphäre bei einem zwischen 20 - 28 °C, insbesondere 20 - 26 °C, liegenden Taupunkt 85 - 97 Vol.-% Stickstoff und 3 - 15 % 7 Vol.-% Wasserstoff, wobei eine in der Praxis verwendete Atmosphäre typischerweise 93 Vol.-% Stickstoff und 7 Vol.-% Wasserstoff enthält.

[0027] Zweckmäßigerweise erfolgt die Erwärmung auf die Entkohlungstemperatur auch beim erfindungsgemäßen Verfahren zunächst unter einer Schutzgasatmosphäre. Ist dann die Entkohlungstemperatur erreicht, wird das Stahlband im Open-Coil der entkohlenden Atmosphäre ausgesetzt. Die während der Erwärmung aufrechterhaltene Schutzgasatmosphäre kann 85 - 97 Vol.-% Stickstoff und 3 - 15 Vol.-% Wasserstoff enthalten, wobei eine in der Praxis eingesetzte Schutzgasatmosphäre typischerweise 93 Vol.-% Stickstoff und 7 % Wasserstoff aufweist. Nach Erreichen der Entkohlungsglühtemperatur wird dieser Atmosphäre dann Wasserdampf zugeführt, um die reduzierende Entkohlungsatmosphäre zu schaffen, unter der die Entkohlungsreaktion $C + H_2O \rightarrow CO + H_2$ einsetzt.

[0028] Die für die Entkohlungsreaktion im Ofen erforderliche Wassermenge kann in Abhängigkeit vom Taupunkt geregelt werden. Zu diesem Zweck kann der Taupunkt der Entkohlungsatmosphäre über die gesamte Entkohlungsglühzeit erfasst werden. In Abhängigkeit vom Ergebnis eines Soll-/Ist-Abgleichs wird dann der Wasserdampfanteil der entkohlenden Atmosphäre so eingestellt, dass der Taupunkt der Atmosphäre im Bereich von 20 - 26 % gehalten wird.

[0029] Um auf dem jeweils verarbeiteten Stahlband eventuell vorhandene Oxidschichten und Schmierstoffrückstände zu entfernen, sollte das Stahlband vor dem Wickeln zu dem Open-Coil gebeizt werden.

[0030] Im Hinblick auf die Maßhaltigkeit, insbesondere die Planheit, des erhaltenen Stahlbands kann es darüber hinaus günstig sein, das Stahlband nach dem Beizen und vor dem Wickeln zu dem Open-Coil dressierzuzuwalzen.

[0031] Besonders einfach lässt sich das erfindungsgemäße Verfahren dann durchführen, wenn die Erwärmung und Entkohlungsglühung des Open-Coils in einem Haubenglühofen stattfindet.

[0032] Praktische Untersuchungen haben ergeben, dass sich mit dem erfindungsgemäßen Verfahren besonders gute Herstellungsergebnisse erzielen lassen, wenn die Entkohlungsglühtemperatur 680 - 780 °C beträgt, wobei es sich insbesondere günstig auswirkt, wenn die Glühtemperatur nahe der A_{C1} -Temperatur gewählt wird.

[0033] Ein für die Herstellung erfindungsgemäß verarbeiteter Stahlbleche geeigneter Vergütungsstahl weist

typischerweise folgende Zusammensetzung auf (in Gew.-%):

| | |
|-----|---------------|
| C: | 0,4 - 1,0 % |
| Si: | 0,1 - 0,5 % |
| Mn: | 0,3 - 1,2 % |
| P: | < 0,02 % |
| S: | < 0,008 % |
| Al: | 0,01 - 0,05 % |
| Cr: | 0,1 - 0,5 % |
| Ni: | 0,1 - 0,4 % |
| Mo: | ≤ 0,1 % |

[0034] Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen.

[0035] Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert.

[0036] Ein aus einem neben Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen (in Gew.-%) 0,5 % C, 0,2 % Si, 0,75 % Mn, < 0,12 % P, < 0,003 % S, 0,02 % Al und 0,1 % Cr enthaltender Vergütungsstahl ist in konventionellem Strangguss zu einem Vormaterial, wie einer Bramme oder Dünnbramme, vergossen worden.

[0037] Anschließend ist die Bramme in an sich bekannter Weise zu einem Stahlband warmgewalzt worden. Die Endtemperatur des Warmwalzens lag dabei im Bereich von 850 - 950 °C, wobei die hier konkret gewählte Warmwalzendtemperatur 900 °C betrug.

[0038] Das mit dieser Warmwalzendtemperatur als Warmband aus der Fertigwalzstaffel austretende Stahlband ist auf eine Haspeltemperatur von 600 - 620 °C abgekühlt und zu einem konventionellen Coil mit dicht aufeinander liegenden Lagen gewickelt worden. Konkret betrug die gewählte Haspeltemperatur 620 °C.

[0039] Nach dem Haspeln ist das Stahlband abgehäpelt und in an sich ebenfalls bekannter Weise gebeizt und unmittelbar darauf folgend dressiergewalzt worden.

[0040] Das dressiergewalzte Stahlband ist dann in an sich bekannter Weise zu einem Open-Coil gewickelt worden. Dabei sind die Wickellagen des Stahlbands durch Einlegen eines Drahts oder eines anderen geeigneten Mittels so auf Abstand gehalten worden, dass zwischen jeweils zwei benachbarten Lagen ein von Gas durchströmbarer Freiraum gebildet ist.

[0041] Das Stahlband ist daraufhin als Open-Coil in einen Haubenglühofen gesetzt und über eine Erwärmungszeit von 10 Stunden unter einer 93 Vol.-% N und 7 Vol.-% H_2 enthaltenden Schutzgasatmosphäre erwärmt worden, bis das gesamte Coil die 700 °C betragende Entkohlungsglühtemperatur aufwies.

[0042] Nach Erreichen der Entkohlungsglühtemperatur ist Wasserdampf in die Schutzgasatmosphäre geleitet worden, um die Entkohlungsreaktion zu starten. Die zugeführte Wasserdampfmenge ist dabei so bemessen worden, dass der Taupunkt der Atmosphäre während der Entkohlung konstant bei 26 °C lag.

[0043] Das Open-Coil ist für eine Entkohlungsglühzeit von 90 Minuten unter dieser Atmosphäre gehalten worden. Während der Entkohlungsglühzeit ist der Taupunkt der im Haubenofen herrschenden Entkohlungsatmosphäre laufend erfasst und mit einem Sollwert abgeglichen worden. Abhängig vom Ergebnis dieses Vergleichs ist die Zusammensetzung der Entkohlungsatmosphäre, insbesondere ihr Wasserdampfgehalt, so eingestellt worden, dass ihr Taupunkt im Wesentlichen konstant bei 26°C gehalten worden ist.

[0044] Unmittelbar nach Ablauf der Entkohlungsglühzeit ist das Open-Coil noch im Haubenofen unter einer Schutzgasatmosphäre mit einer Abkühlgeschwindigkeit von 1 °C/min abgekühlt worden.

[0045] Das so erhaltene oberflächenentkohlte Stahlband wies an seinen Oberflächen angrenzende, 40 µm dicke entkohlte Oberflächenschichten auf, während ihr an die entkohlten Oberflächenschichten angrenzender innerer Kernbereich noch den Kohlenstoffgehalt des Ausgangstahls besaß.

[0046] In Fig. 1 ist schematisch für das in der voranstehend beschriebenen Weise entkohlungsgeglühtes Stahlband der Kohlenstoffgehalt %C in Gew.-% über den Abstand A zur Oberfläche (Abstand A = 0 µm) des Stahlbands aufgezeichnet. Typischerweise liegt dabei die jeweils erreichte Entkohlungstiefe At in einem Bereich von 30 - 120 µm.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines aus einem mindestens 0,4 Gew.-% Kohlenstoff enthaltenden Vergütungsstahl erzeugten, oberflächenentkohlten Stahlbands, umfassend folgende Arbeitsschritte:

- Erzeugen des Stahlbands aus dem Vergütungsstahl;
- Erwärmen des zu dem Open-Coil gewickelten Stahlbands auf eine Entkohlungsglühtemperatur, die bis zu 20 °C unterhalb der A_{C1} -Temperatur des jeweiligen Vergütungsstahls liegen kann und die A_{C3} -Temperatur des jeweiligen Vergütungsstahls nicht überschreitet;
- Glühen des Stahlbands im Open-Coil unter einer entkohlenden Atmosphäre für eine Entkohlungsglühzeit von mindestens 90 Minuten, wobei das die entkohlende Atmosphäre bildende Entkohlungsgas durch die zwischen den Wickellagen des Open-Coils vorhandenen Zwischenräume strömt;
- beschleunigtes Abkühlen des Stahlbands, wobei die beschleunigte Abkühlung unter einer Schutzgasatmosphäre durchgeführt wird,

so dass die ausgehend von der jeweiligen Oberfläche des Stahlbands gemessene Tiefe der Entkohlung auf einen Bereich beschränkt ist, der jeweils

kleiner als ein Viertel der Dicke des Stahlbands ist.

2. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Tiefe der Entkohlung 30 - 120 µm beträgt.
3. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Entkohlungsglühzeit maximal 120 Minuten beträgt.
4. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die entkohlende Atmosphäre 85 - 97 Vol.-% Stickstoff, 3 - 15 Vol.-% Wasserstoff enthält.
5. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stahlband, bevor es für die Entkohlungsglühzeit der entkohlenden Atmosphäre ausgesetzt wird, im Open-Coil unter einer Schutzgasatmosphäre auf die Entkohlungsglühtemperatur erwärmt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 4 und 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die während der Erwärmung aufrechterhaltene Schutzgasatmosphäre 85 - 97 Vol.-% Stickstoff und 3 - 15 Vol.-% Wasserstoff enthält und **dass** der Schutzgasatmosphäre nach Erreichen der Entkohlungsglühtemperatur Wasserdampf zugeführt wird, um die entkohlende Atmosphäre herzustellen.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** über die Entkohlungsglühzeit durch Regelung ihres Wasserdampfanteils der Taupunkt der entkohlenden Atmosphäre im Bereich von 20 - 28 °C gehalten wird.
8. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stahlband vor dem Wickeln zu dem Open-Coil gebeizt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stahlband nach dem Beizen und vor dem Wickeln zu dem Open-Coil dressiert wird.
10. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Erwärmung und Entkohlungsglühung des Open-Coils in einem Haubenglühofen durchgeführt wird.
11. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Entkohlungsglühtemperatur 680 - 780 °C beträgt.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Entkohlungstemperatur um 10 - 20 °C niedriger als die A_{C1} -Temperatur

peratur ist.

13. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Vergütungsstahl folgende Zusammensetzung aufweist (in Gew.-%):

| | |
|-----|---------------|
| C: | 0,4 - 1,0 % |
| Si: | 0,1 - 0,5 % |
| Mn: | 0,3 - 1,2 % |
| P: | < 0,02 % |
| S: | < 0,008 % |
| Al: | 0,01 - 0,05 % |
| Cr: | 0,1 - 0,5 % |
| Ni: | 0,1 - 0,4 % |
| Mo: | ≤ 0,1 % |

Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen.

14. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Zuge der Erzeugung des Stahlbands folgende Arbeitsschritte absolviert werden:

- Erschmelzen des Vergütungsstahls,
- Vergießen des Vergütungsstahls zu einem Vormaterial, wie Bramme oder Dünnbramme,
- Warmwalzen des Vormaterials zu dem Stahlband bei einer Warmwalzendtemperatur von 850 - 900 °C,
- Haspeln des Stahlbands bei einer 600 - 620 °C betragenden Haspeltemperatur.

Claims

1. Method for producing a surface-decarburised steel strip which is made of a heat-treatable steel containing at least 0.4% by weight of carbon, comprising the following steps of operation:

- making of the steel strip from the heat-treatable steel,
- heating of the steel strip, which is coiled into the open coil, to a decarburising annealing temperature which may be up to 20°C below the A_{C1} temperature of the given heat-treatable steel and which does not exceed the A_{C3} temperature of the given heat-treatable steel,
- annealing of the steel strip, in the open coil, in a decarburising atmosphere for a decarburising annealing time of at least 90 minutes, the decarburising gas which forms the decarburising atmosphere flowing through the gaps which exist between the layers of the open coil,
- accelerated cooling of the steel strip, wherein

accelerated cooling is carried out under a protective gas atmosphere, the depth of decarburisation, as measured from the given surface of the steel strip, thus being limited to a range which is in each case less than a quarter of the thickness of the steel strip.

2. Method according to one of the preceding claims, **characterised in that** the depth of the decarburisation is 30 - 120 µm.
3. Method according to one of the preceding claims, **characterised in that** the decarburising annealing time is a maximum of 120 minutes.
4. Method according to one of the preceding claims, **characterised in that** the decarburising atmosphere contains 85 - 97% by volume of nitrogen and 3 - 15% by volume of hydrogen.
5. Method according to one of the preceding claims, **characterised in that** the steel strip is heated, in the open coil, to the decarburising annealing temperature in an atmosphere of protective gas before it is exposed to the decarburising atmosphere for the decarburising annealing time.
6. Method according to claims 4 and 5, **characterised in that** the atmosphere of protective gas which is maintained during the heating contains 85 - 97% by volume of nitrogen and 3 - 15% by volume of hydrogen and **in that**, on the decarburising annealing temperature being reached, water vapour is fed into the atmosphere of protective gas to produce the decarburising atmosphere.
7. Method according to claim 6, **characterised in that**, over the decarburising annealing time, the dew point of the decarburising atmosphere is held in the range 20 - 28°C by regulating the proportion of water vapour it contains.
8. Method according to one of the preceding claims, **characterised in that** the steel strip is pickled before being wound into the open coil.
9. Method according to claim 8, **characterised in that** the steel strip is skin-pass rolled after the pickling and before being wound into the open coil.
10. Method according to one of the preceding claims, **characterised in that** the heating and decarburising annealing of the open coil are carried out in a batch type annealing furnace.
11. Method according to one of the preceding claims, **characterised in that** the decarburising annealing temperature is 680 - 780°C.

12. Method according to one of claims 1 to 10, **characterised in that** the decarburising temperature is 10 - 20°C lower than the A_{C1} temperature.

13. Method according to one of the preceding claims, **characterised in that** the composition of the heat-treatable steel is as follows (in % by weight):

| | |
|-----|--------------|
| C: | 0.4 - 1.0% |
| Si: | 0.1 - 0.5% |
| Mn: | 0.3 - 1.2% |
| P: | < 0.02% |
| S: | < 0.008% |
| Al: | 0.01 - 0.05% |
| Cr: | 0.1 - 0.5% |
| Ni: | 0.1 - 0.4% |
| Mo: | ≤ 0.1% |

Remainder: iron and unavoidable impurities.

14. Method according to one of the preceding claims, **characterised in that** the following steps of operation are completed in the course of the making of the steel strip:

- melting of the heat-treatable steel,
- casting of the heat-treatable steel into a starting material such as a slab or thin slab,
- hot rolling of the starting material into the steel strip at a final hot-rolling temperature of 850 - 900°C,
- coiling of the steel strip at a coiling temperature which is 600 - 620°.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'une bande en acier décarburée en surface et produite à partir d'un acier de traitement contenant au moins 0,4 % en poids de carbone, ledit procédé comprenant les étapes de travail, qui suivent, consistant à :

- produire la bande en acier à partir de l'acier de traitement ;
- chauffer la bande en acier enroulée pour former la bobine expansée, à une température de recuit de décarburation qui peut aller jusqu'à 20°C au-dessous de la température A_{C1} de l'acier de traitement respectif et qui ne dépasse pas la limite supérieure de la température A_{C3} de l'acier de traitement respectif ;
- procéder au recuit de la bande en acier, dans la bobine expansée, sous une atmosphère ayant un effet décarburant pour une durée de recuit de décarburation d'au moins 90 minutes,

où le gaz de décarburation formant l'atmosphère ayant un effet décarburant circule à travers les espaces intermédiaires présents entre les couches d'enroulement de la bobine expansée ;

- procéder au refroidissement accéléré de la bande en acier, où le refroidissement accéléré est effectué sous atmosphère de gaz inerte,

de sorte que la profondeur de la décarburation, mesurée à partir de la surface respective de la bande en acier, est limitée à une zone qui est à chaque fois plus petite qu'un quart de l'épaisseur de la bande en acier.

2. Procédé selon l'une ou l'autre des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la profondeur de la décarburation est comprise entre 30 μm et 120 μm .

3. Procédé selon l'une ou l'autre des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la durée de recuit de décarburation est au maximum de 120 minutes.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'atmosphère ayant un effet décarburant contient de 85 % en volume à 97 % en volume d'azote et de 3 % en volume à 15 % en volume d'hydrogène.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la bande en acier, avant qu'elle soit exposée à l'atmosphère ayant un effet décarburant pendant le temps de recuit de décarburation, est chauffée, dans la bobine expansée, à la température de recuit de décarburation sous atmosphère de gaz inerte.

6. Procédé selon les revendications 4 et 5, **caractérisé en ce que** l'atmosphère de gaz inerte maintenue au cours du chauffage contient de 85 % en volume à 97 % volume d'azote et de 3 % en volume à 15 % en volume d'hydrogène, et **en ce que** de la vapeur d'eau, une fois que la température de recuit de décarburation a été atteinte, est fournie à l'atmosphère de gaz inerte pour produire l'atmosphère ayant un effet décarburant.

7. Procédé selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** le point de rosée de l'atmosphère ayant un effet décarburant est maintenu dans la plage comprise entre 20°C et 28°C pendant le temps de recuit de décarburation, par régulation de la proportion de vapeur d'eau fournie à ladite atmosphère.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la bande en acier est décapée avant l'enroulement destiné à for-

mer la bobine expansée.

9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** la bande en acier est dressée après le décapage et avant l'enroulement destiné à former la bobine expansée. 5

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le chauffage et le recuit de décarburation de la bobine expansée sont effectués dans un four à cloche à recuire. 10

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la température de recuit de décarburation est comprise entre 680°C et 780°C. 15

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** la température de décarburation est de 10°C à 20°C inférieure à la température A_{C1} . 20

13. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'acier de traitement présente la composition suivante (en % en poids) : 25

| | | |
|------|--------------------|----|
| C : | de 0,4 % à 1,0 % | |
| Si : | de 0,1 % à 0,5 % | |
| Mn : | de 0,3 % à 1,2 % | 30 |
| P : | < 0,02 % | |
| S : | < 0,008 % | |
| Al : | de 0,01 % à 0,05 % | |
| Cr : | de 0,1 % à 0,5 % | 35 |
| Ni : | de 0,1 % à 0,4 % | |
| Mo : | ≤ 0,1 % | |

- du fer résiduel et des impuretés inévitables. 40

14. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**, au cours de la production de la bande en acier, on réalise les étapes de travail, qui suivent, consistant à : 45
 - procéder à la fusion de l'acier de traitement,
 - couler l'acier de traitement destiné à former un prématériau tel qu'une brame ou une brame mince,
 - laminier à chaud le prématériau destiné à former la bande en acier, à une température finale de laminage à chaud comprise entre 850°C et 900°C, 50
 - bobiner la bande en acier à une température de bobinage comprise entre 600°C et 620°C. 55

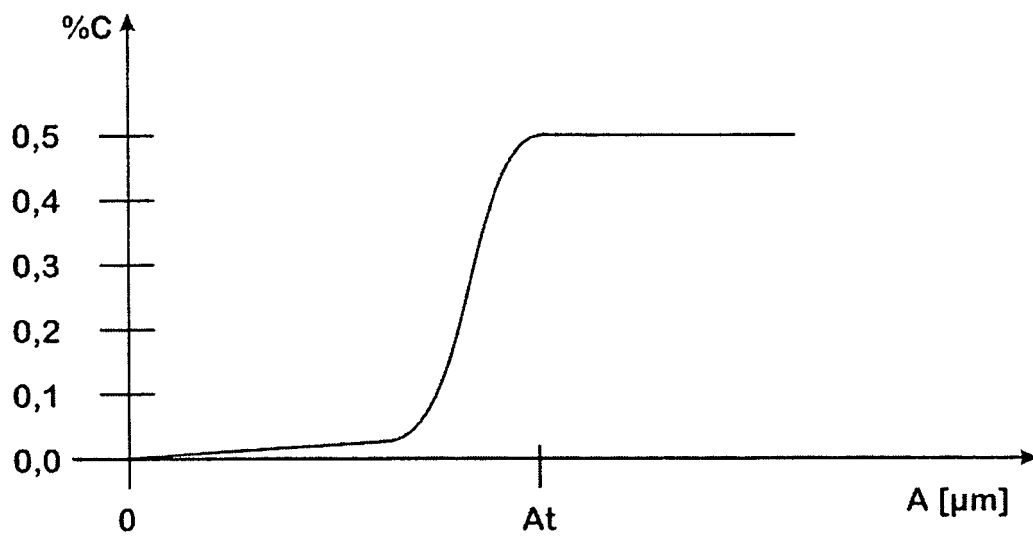


FIG. 1

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

- GB 1189464 A [0004] [0006]
- DE OS2105218 A [0007]
- JP 6158157 A [0008]