

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

EP 1 396 550 A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
**10.03.2004 Patentblatt 2004/11**

(51) Int Cl. 7: **C21D 8/02, C22C 38/06**

(21) Anmeldenummer: **02019315.7**

(22) Anmeldetag: **28.08.2002**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

**AL LT LV MK RO SI**

(71) Anmelder: **ThyssenKrupp Stahl AG  
47161 Duisburg (DE)**

- Heller, Thomas, Dr.-Ing.**

**47229 Duisburg (DE)**

- Nuss, Andreas**

**47800 Krefeld (DE)**

(74) Vertreter: **COHAUSZ & FLORACK  
Patent- und Rechtsanwälte  
Bleichstrasse 14  
40211 Düsseldorf (DE)**

(72) Erfinder:

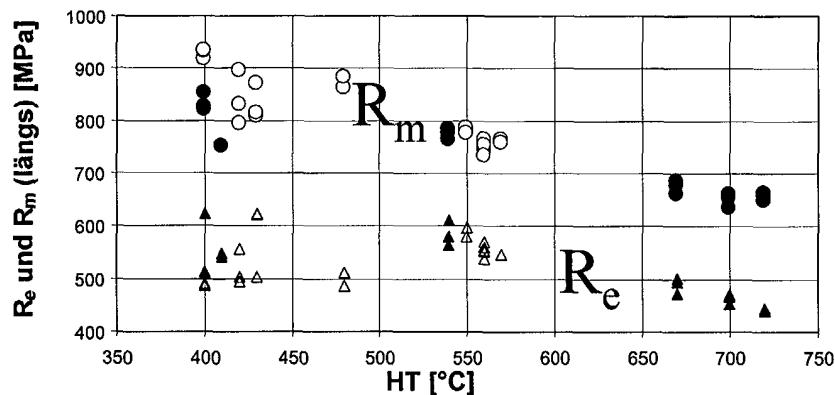
- Ehrhardt, Bertram, Dr.-Ing.**

**59399 Olfen (DE)**

### (54) Verfahren zum Herstellen eines Warmbandes

(57) Die Erfindung stellt ein einfaches, durchzuführendes, unkompliziertes Verfahren zur Verfügung, mit dem sich ein hochfestes Warmband erzeugen lässt, dessen Gefüge zum überwiegenden Teil aus Perlit und Ferrit besteht und das eine Zugfestigkeit von mindestens 600 MPa aufweist. Zu diesem Zweck wird eine Stahlschmelze, die neben Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen (in Gew.-%) C: 0,04 - 0,4 %, Si: 0,1 - 3,5 %, Mn: 0,8 - 2,0 %, Al: 0,1 - 2,0 %, wobei die Summe aus den Gehalten an Si, Mn und Al 2 - 5 % beträgt, sowie wahl-

weise eines oder mehrere der folgenden Elemente Ti: max. 0,15 %, Nb: max. 0,15 %, V: max. 0,15 %, Cr: max. 0,8 %, Mo: max. 0,8 %, Cu: max. 1 %, Ni: max. 1% enthält, zu einem Vormaterial, wie Brammen oder Dünnbrammen vergossen. Anschließend wird das Vormaterial zu einem Warmband bei Warmwalzendtemperaturen, die im Bereich von 750 bis 950 °C liegen, fertig-warmgewalzt, auf eine 540 bis 750 °C betragende Haspeltemperatur mit Abkühlraten, die im Bereich von 10 - 1000 K/s liegen, in einem Zug abgekühlt und gehaspelt.



Diag. 1

**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines hochfesten Warmbandes mit besonders gutem Umformvermögen. Derartige Warmbänder werden beispielsweise in der Automobilindustrie zur Herstellung von Karosserie-, Rahmen- oder Fahrwerksbauteilen genutzt, die bei hohem Kraftaufnahmevermögen ein geringes Gewicht besitzen.

**[0002]** Ein für diesen Einsatzzweck bestimmtes Warmband ist aus der US 5,470,529 bekannt. Das bekannte Stahlband weist als notwendige Bestandteile (in Gew.-%) 0,05 - 0,3 % C, bis zu 2,5 % Si, 0,05 - 4 % Mn, mehr als 0,1 %, jedoch weniger als 2,0 % Al und als Rest Eisen und produktionsbedingt unvermeidbare Verunreinigungen auf, wobei die Summe der Gehalte an Si und Al mindestens 0,5 %, jedoch höchstens 3,0 % beträgt. Optional kann der bekannte Stahl auch noch Kupfer, Nickel, Chrom, Ca, Zr, Seltenerdmetalle, Niob, Titan und Vanadium enthalten.

**[0003]** Gemäß einer ersten in der US 5,470,529 angegebenen Variante wird ein solchermaßen zusammengesetzter Stahl zu einem nicht näher bestimmten Vormaterial vergossen, welches anschließend auf eine oberhalb der Ar3-Temperatur liegende Temperatur erwärmt und bei Warmwalzendtemperaturen von 780 - 840 °C warmgewalzt wird. Nach dem Warmwalzen erfolgt eine Abkühlung bei Abkühlraten von 10 - 50 °C/s auf eine niedrige Haspeltemperatur, die 300 - 450 °C beträgt.

**[0004]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines hochfesten Warmbandes mit besonders gutem Umformvermögen. Derartige Warmbänder werden beispielsweise in der Automobilindustrie zur Herstellung von Karosserie-, Rahmen- oder Fahrwerksbauteilen genutzt, die bei hohem Kraftaufnahmevermögen ein geringes Gewicht besitzen.

**[0005]** Ein für diesen Einsatzzweck bestimmtes Warmband ist aus der US 5,470,529 bekannt. Das bekannte Stahlband weist als notwendige Bestandteile (in Gew.-%) 0,05 - 0,3 % C, bis zu 2,5 % Si, 0,05 - 4 % Mn, mehr als 0,1 %, jedoch weniger als 2,0 % Al und als Rest Eisen und produktionsbedingt unvermeidbare Verunreinigungen auf, wobei die Summe der Gehalte an Si und Al mindestens 0,5 %, jedoch höchstens 3,0 % beträgt. Optional kann der bekannte Stahl auch noch Kupfer, Nickel, Chrom, Ca, Zr, Seltenerdmetalle, Niob, Titan und Vanadium enthalten.

**[0006]** Gemäß einer ersten in der US 5,470,529 angegebenen Variante wird ein solchermaßen zusammengesetzter Stahl zu einem nicht näher bestimmten Vormaterial vergossen, welches anschließend auf eine oberhalb der Ar3-Temperatur liegende Temperatur erwärmt und bei Warmwalzendtemperaturen von 780 - 840 °C warmgewalzt wird. Nach dem Warmwalzen erfolgt eine Abkühlung bei Abkühlraten von 10 - 50 °C/s auf eine niedrige Haspeltemperatur, die 300 - 450 °C beträgt.

**[0007]** Gemäß einer anderen Variante wird der bekannte Stahl nach dem Vergießen und einem Erwärmen bei einer Warmwalzendtemperatur von 780 - 940 °C warmgewalzt. Daran schließt sich eine mehrstufige Abkühlung an, innerhalb der das Warmband zunächst mit Abkühlraten von mindestens 10 °C/s auf eine Temperatur von 600 - 700 °C abgekühlt wird, dann an Luft für 2 bis 10 Sekunden kühlt, bevor es mit einer Kühlrate von mindestens 20 °C/s auf eine Haspeltemperatur gekühlt wird, die 300 bis 450 °C beträgt.

**[0008]** Weiter ist in der US 5,470,529 erläutert, dass das erhaltene Warmband nach dem Haspeln zu Kaltband kaltgewalzt werden kann, indem es entzündet, kaltgewalzt, geglüht und gesteuert abgekühlt wird.

**[0009]** Mit den in der US 5,470,529 beschriebenen Maßnahmen lässt sich ein Warmband erzeugen, dessen Gefüge aus Ferrit, Bainit und einem hohen Anteil an nicht umgewandelten Restaustenit besteht. So betragen bei den in der US 5,470,529 angegebenen Beispielen die Restaustenitgehalte regelmäßig mehr als 15 %. Dazu werden sowohl die jeweils ausgewählten Legierungsbestandteile als auch die Fertigungsparameter so gewählt, dass die Bildung von Perlit während der Herstellung des Stahls weitestgehend unterdrückt wird. Die nach dieser bekannten Vorgehensweise erhaltenen Warmbänder weisen TRIP-Eigenschaften auf, die mit hohen Festigkeiten bei einer besonders guten Verformbarkeit und Schweißbarkeit kombiniert sind. Allerdings setzt dieser Erfolg eine komplexe, an eine bestimmte Anlagentechnik gebundene Verfahrensführung voraus.

**[0010]** Die Aufgabe der Erfindung bestand darin, ein einfach durchzuführendes, unkompliziertes Verfahren zu schaffen, mit dem sich ein hochfestes Warmband erzeugen lässt, das ein sehr gutes Umformvermögen besitzt.

**[0011]** Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zum Herstellen eines Warmbandes gelöst, dessen Gefüge zum überwiegenden Teil aus Perlit und Ferrit besteht und das eine Zugfestigkeit von mindestens 600 MPa aufweist, wozu mindestens folgende Arbeitsschritte durchgeführt werden:

- Vergießen einer Stahlschmelze, die neben Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen (in Gew.-%) 0,04 - 0,4 % C, 0,1 - 3,5 % Si, 0,8 - 2,0 % Mn, 0,1 - 2,0 % Al, wobei die Summe aus den Gehalten an Si, Mn und Al 2 - 5 % beträgt, sowie wahlweise alleine oder in Kombination max. 0,15 % Ti, max. 0,15 % Nb, max. 0,15 % V, max. 0,8 % Cr, max. 0,8 % Mo, max. 1 % Cu, max. 1 % Ni enthält, zu einem Vormaterial, wie Brammen oder Dünnbrammen,
- Fertigwarmwalzen des Vormaterials zu einem Warmband bei Warmwalzendtemperaturen, die im Bereich von 750 bis 950 °C liegen,

- Abkühlen des erhaltenen Warmbands in einem Zug auf eine 540 bis 750 °C betragende Haspeltemperatur mit Abkühlraten, die im Bereich von 10 - 1000 K/s liegen,
- Haspeln des Warmbands.

**[0012]** Überraschend hat sich herausgestellt, dass sich ausgehend von einem Legierungskonzept, wie es an sich für die Herstellung von TRIP-Eigenschaften aufweisenden, im Wesentlichen perlifreien Stahlbändern eingesetzt wird, bei erfindungsgemäßer Vorgehensweise Warmbänder erzeugen lassen, bei denen gezielt ein im Wesentlichen vollständig aus Ferrit und Perlit bestehendes Gefüge erzeugt wird und die dennoch eine besonders hohe Zugfestigkeit und ein sehr gutes Umformvermögen besitzen. So lassen sich mit dem erfindungsgemäßen Verfahren Warmbänder erzeugen, bei denen das Produkt Rm\*A80 der Zugfestigkeit Rm und der Bruchdehnung A80 mindestens 15.000 MPa\*% und das Produkt Rm\*A5 der Zugfestigkeit Rm und der Bruchdehnung A5 mindestens 16.000 MPa\*% beträgt.

**[0013]** Erfindungsgemäß erzeugte Warmbänder weisen somit sowohl hinsichtlich ihrer Festigkeit als auch hinsichtlich ihrer Umformbarkeit Eigenschaften auf, die denen konventioneller TRIP-Eigenschaften aufweisender Stahlbänder ähnlich sind. Anders als bei der Herstellung von derartigen Warmbändern mit TRIP-Eigenschaften sind jedoch gemäß der Erfindung keine aufwändigen Maßnahmen zur Erzeugung eines hohen Restaustenitanteils erforderlich. Stattdessen lässt die Erfindung gezielt die Entstehung von Perlit zu, der im die Erzeugung von TRIP-Stählen betreffenden Stand der Technik unerwünscht ist. Dennoch ergibt das erfindungsgemäße Verfahren ein Produkt, welches alle an die Festigkeit und Verformbarkeit gestellten Anforderungen erfüllt.

**[0014]** Mit der Erfindung steht somit ein vereinfachtes Herstellungsverfahren zur Verfügung, mit dem sich auf jeder Warmbandstraße ein hochfestes, gut verformbares Warmband von hoher Qualität herstellen lässt. Anders als beim Stand der Technik werden jedoch keine besonderen Kühlmodelle zur Einstellung der gewünschten Werkstoffeigenschaften benötigt.

**[0015]** Die Legierung des erfindungsgemäßen Stahls ist so abgestimmt, dass die einzelnen im Stahl enthaltenen Elemente einen optimalen Einfluss auf die Festigkeit und Verformbarkeit des erhaltenen Warmbands haben. So ist dadurch, dass die Summe der Gehalte an Silizium, Mangan und Aluminium im erfindungsgemäß verwendeten Stahl mindestens 2 Gew.-%, bevorzugt mindestens 2,5 Gew.-%, jedoch maximal 5 Gew.-%, bevorzugt maximal 4 Gew.-%, beträgt, gewährleistet, dass das angestrebte Festigkeitsniveau sicher erreicht wird. Der Silizium-Gehalt kann dazu zu Gunsten der jeweils anderen festigkeitssteigernden Legierungsbestandteile auf 0,1 - 2,0 Gew.-% beschränkt werden.

**[0016]** Wahlweise vorhandene Gehalte an Titan, Niob und Vanadium tragen durch Ausscheidungshärtung zur Festigkeitssteigerung bei. Darüber hinaus bewirken sie eine Kornfeinung, die sich positiv auf die Verformbarkeit auswirkt.

**[0017]** Erforderlichenfalls kann die Festigkeit erfindungsgemäß erzeugten Warmbands auch durch Gehalte an Chrom, Molybdän, Kupfer und Nickel im verarbeiteten Stahl erhöht werden. Diese Elemente führen zu einer Verfestigung durch Mischkristallbildung.

**[0018]** Besonders vorteilhaft lässt sich erfindungsgemäßes Warmband mit einer so genannten "Gießwalzanlage" herstellen. Bei einer solchen Anlage wird in einem kontinuierlichen Arbeitsablauf der Stahl zu Dünnbrammen vergossen. Diese durchlaufen unmittelbar anschließend eine Glühung, werden dann zu Warmband warmgewalzt, abgekühlt und gehaspelt. Der Vorteil einer solchen in einem Zuge kontinuierlich ablaufenden Warmbandherstellung besteht in Bezug auf die Erfindung darin, dass die Dünnbrammen bis zum Einlaufen in die Warmwalzstaffel auf einem Temperaturniveau verbleiben, bei dem die im verarbeiteten Stahl enthaltenen Mikroelemente in Lösung sind. Dies eröffnet die Möglichkeit, ihren günstigen Einfluss im Zuge der Abkühlung, des Haspels und gegebenenfalls weiterer Wärmebehandlungen gezielt einzustellen.

**[0019]** Durch die Wahl einer geeignet hohen Abkühlgeschwindigkeit lässt sich die Feinkörnigkeit des erhaltenen Warmbands beeinflussen. So bewirken höhere Abkühlraten eine Verfeinerung des Gefüges, welche sich günstig auf die Verformbarkeit auswirkt. Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird daher vorgeschlagen, die im Anschluss an das Warmwalzen erfolgende Abkühlung des Warmbands mit mehr als 100 K/s, insbesondere mehr als 250 K/s, durchzuführen.

**[0020]** Erfindungsgemäß ist ein Bereich der Haspeltemperatur vorgesehen, der von 540 bis 750 °C reicht. Gerade in diesem Bereich stellt sich das gewünschte ferritisch-perlitische Gefüge sicher ein. Insbesondere hinsichtlich der angestrebten Gefügestruktur besonders gute Arbeitsergebnisse stellen sich bei erfindungsgemäßer Arbeitsweise dann ein, wenn relativ hohe Haspeltemperaturen im Bereich von 580 - 620 °C, insbesondere 600 - 620 °C, gewählt werden.

**[0021]** Geringe Gehalte an Bainit im Gefüge eines erfindungsgemäß erzeugten Warmbands sind zulässig, solange sichergestellt ist, dass der grundsätzlich ferritisch-perlitische Charakter des Gefüges nicht beeinträchtigt wird. Vorzugt enthält dabei das Gefüge des erhaltenen Warmbands mindestens 35 % Ferrit, typischerweise 60 - 70 %.

**[0022]** Um die gewünschte ferritisch-perlitische Ausprägung des Gefüges zu unterstützen, kann es zweckmäßig sein, das Warmband nach dem Haspeln einer Wärmebehandlung zu unterziehen, bei der es mindestens auf Austenitisierungstemperatur erwärmt und anschließend langsam abgekühlt wird. Diese Behandlung wird bevorzugt in einem Haubenofen durchgeführt, in den das jeweilige Warmband als Coil oder in abgetafelter Form eingesetzt werden kann.

Dabei ist es günstig, wenn das Warmband unter einer sauerstoffarmen Atmosphäre wärmebehandelt wird, um eine Verschlechterung der Oberflächenqualität in Folge einer Reaktion der Legierungsbestandteile des Warmbands mit in der Umgebung enthaltenem Sauerstoff zu vermeiden.

[0023] Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

[0024] Für einen ersten Betriebsversuch sind drei Stahlschmelzen S1 S2, S3 erschmolzen worden, deren Zusammensetzung in Tabelle 1 angegeben ist. Die Stahlschmelzen S1 S2, S3 sind jeweils auf konventionellem Wege zu 7 mm dicken Warmbändern gewalzt worden. Bei den Schmelzen S1 S2 betrug die beim Fertigwarmwalzen erreichte Warmwalzendtemperatur ET bei einer ersten Variante 920 °C und bei einer zweiten Variante des Versuchs 870 °C. Bei der dritten Schmelze S3 wurde eine Warmwalzendtemperatur von 900 °C erreicht.

[0025] Nach dem Warmwalzen sind die Warmbänder mit einer mindestens 50 °C/s betragenden Abkühlrate auf die Haspeltemperatur HT abgekühlt und gehaspelt worden.

[0026] In den nachfolgend erläuterten Diagrammen Diag. 1 bis 3 sind durch jeweils gefüllte Symbole diejenigen Eigenschaftswerte gekennzeichnet, die für die bei einer Warmwalzendtemperatur ET von 920 °C gewalzten Warmbänder ermittelt worden sind, und durch die nicht gefüllten Symbole diejenigen Eigenschaftswerte markiert, die bei den mit einer Warmwalzendtemperatur von 870 °C erzeugten Warmbändern gemessen worden sind.

[0027] In Diag. 1 sind für die in der voranstehend erläuterten Weise aus der Stahlschmelze S1 erzeugten Warmbänder die in Längsrichtung ermittelten Werte der Zugfestigkeit Rm (symbolisiert durch Kreise) und der Streckgrenze Re (symbolisiert durch Dreiecke) über die jeweilige Haspeltemperatur HT aufgetragen.

[0028] In Diag. 2 sind für dieselben Warmbänder die Bruchdehnung A5 (symbolisiert durch Kreise) und die Gleichmaßdehnung Agl (symbolisiert durch Dreiecke) über die Haspeltemperatur HT aufgetragen.

[0029] In Diag. 3 ist für die aus der Stahlschmelze S1 erzeugten Warmbänder das Produkt Rm\*A5 aus Zugfestigkeit Rm und Bruchdehnung A5 über der Haspeltemperatur HT verzeichnet.

[0030] In den Diagrammen Diag. 4 bis Diag. 6 sind für die aus der Stahlschmelze S2 erzeugten Warmbänder die für die Quer- und Längsrichtung ermittelten jeweiligen Werte der Dehngrenze Rp0.2 und Zugfestigkeit Rm (Diag. 4), der Gleichmaßdehnung Ag und Bruchdehnung A5 (Diag. 5) sowie des Produktes Rm\*Ag aus Zugfestigkeit Rm und Gleichmaßdehnung Ag und des Produktes Rm\*A5 aus Zugfestigkeit Rm und Bruchdehnung A5 (Diag. 6) jeweils über der Haspeltemperatur HT aufgetragen. Dabei sind durch die gefüllten Symbole jeweils die in Längsrichtung und durch die ungefüllten Symbole jeweils die in Querrichtung ermittelten Werte markiert.

[0031] Im Diag. 7 sind über jeweils eine Hälfte der Breite der aus der Schmelze S3 erzeugten Warmbänder die bei Haspeltemperaturen, die 550 °C (Kreis-Symbol), 590 °C (Raute-Symbol), 650 °C (Dreieck-Symbol) und 710 °C (Kreuz- bzw. Stern-Symbol) betrugen, erzielten Zugfestigkeiten Rm (gefüllte Symbole bzw. Stern-Symbole) und die Streckgrenze Re (nicht gefüllte Symbole bzw. Kreuz-Symbole) über die Hälfte der Breite der Warmbänder aufgetragen.

[0032] Für dieselben Warmbänder und dieselben Haspeltemperaturen sind im Diag. 8 in entsprechender Weise die Gleichmaßdehnung Ag (nicht gefüllte Symbole bzw. Kreuz-Symbole) und die Zugfestigkeit Rm (gefüllte Symbole bzw. Stern-Symbole) über die Hälfte der Breite der Warmbänder aufgetragen.

[0033] Es zeigt sich, dass sich bei erfindungsgemäßer Erzeugung zuverlässig Warmbänder herstellen lassen, bei denen beispielsweise das Produkt Rm\*A5 regelmäßig mehr als 15.000 MPa\*% beträgt. Die betreffenden Warmbänder zeichnen sich somit durch eine für ihre praktische Verwendung optimale Kombination aus Festigkeit und Umformvermögen aus.

[0034] In einem Laborversuch wurden sechs weitere Stahlschmelzen S4 - S9 erschmolzen, deren Zusammensetzung in Tabelle 2 angegeben ist. Die Schmelzen S4 - S9 sind jeweils zu Brammen vergossen und bei Temperaturen von 1250 bis 1270 °C wiedererwärmten, bevor sie bei einer Warmwalzendtemperatur ET zu Warmbändern mit einer Dicke d warmgewalzt worden sind. Im Anschluss an das Warmwalzen sind die Warmbänder dann mit einer Abkühlrate Kr beschleunigt bis auf eine am Ende der Kühlstrecke erreichte Zwischentemperatur TZ gekühlt worden.

[0035] Auf dem Weg zwischen dem Ende der Kühlstrecke und der Haspeleinrichtung sind die Warmbänder auf die Haspeltemperatur HT abgekühlt, mit der sie zu Coils gewickelt worden sind.

[0036] In Tabelle 3 sind die bei der Herstellung der Warmbänder aus den Schmelzen S4 bis S9 jeweils eingestellten Parameter "Warmbanddicke d", "Warmwalzendtemperatur ET", "Kühlrate Kr", "Zwischentemperatur TZ" und "Haspeltemperatur HT" angegeben.

[0037] In Tabelle 4 sind die für die aus den Schmelzen S4 bis S9 erzeugten Warmbänder mechanischen Eigenschaften "obere Streckgrenze ReH", "untere Streckgrenze ReL", "Zugfestigkeit Rm", "Gleichmaßdehnung Ag", "Bruchdehnung A80" und das Produkt Rm\*A80 aus Zugfestigkeit Rm und Bruchdehnung A80 angegeben.

[0038] Es zeigt sich auch hier, dass sich bei erfindungsgemäßer Herstellung zuverlässig Warmbänder erzeugen lassen, bei denen das Produkt Rm\*A80 regelmäßig oberhalb von 15.000 MPa\*% liegt. Die sich in diesem Kennwert ausdrückende vorteilhafte Kombination von hohen Festigkeits- und Dehnwerten macht erfindungsgemäße Warmbänder gut für die Herstellung von Bauteilen durch Umformung geeignet, die im praktischen Einsatz hohen Belastungen ausgesetzt sind.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

| Schmelze | C     | Si   | Mn   | P     | S      | Al   | N      | Cu   | Cr    | Ni    | Mo    | Nb    | Fe, sonstige Verunreinigungen |
|----------|-------|------|------|-------|--------|------|--------|------|-------|-------|-------|-------|-------------------------------|
| S1       | 0,220 | 0,63 | 1,57 | 0,014 | 0,001  | 1,54 | 0,0030 | 0,09 | 0,320 | 0,070 | 0,020 | -     | Rest                          |
| S2       | 0,180 | 0,70 | 1,61 | 0,012 | 0,0010 | 1,45 | 0,0028 | 0,03 | 0,050 | 0,030 | 0,010 | 0,031 | Rest                          |
| S3       | 0,187 | 0,70 | 1,59 | 0,012 | 0,0016 | 1,36 | 0,0042 | 0,03 | 0,050 | 0,030 | 0,010 | 0,042 | Rest                          |

Alle Angaben in Gew.-%

Tabelle 1

| Schmelze | C     | Si   | Mn   | Al   | N      | Nb    | Fe, sonstige Verunreinigungen |
|----------|-------|------|------|------|--------|-------|-------------------------------|
| S4       | 0,180 | 0,70 | 1,61 | 1,45 | 0,0028 | 0,031 | Rest                          |
| S5       | 0,179 | 1,01 | 1,49 | 1,08 | 0,0014 | 0,025 | Rest                          |
| S6       | 0,177 | 1,31 | 1,46 | 1,08 | 0,0016 | 0,030 | Rest                          |
| S7       | 0,213 | 0,80 | 1,50 | 1,11 | 0,0018 | 0,032 | Rest                          |
| S8       | 0,142 | 0,69 | 1,55 | 1,39 | 0,0018 | 0,026 | Rest                          |
| S9       | 0,177 | 0,81 | 0,99 | 0,84 | 0,0015 | 0,029 | Rest                          |

Alle Angaben in Gew.-%

Tabelle 2

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

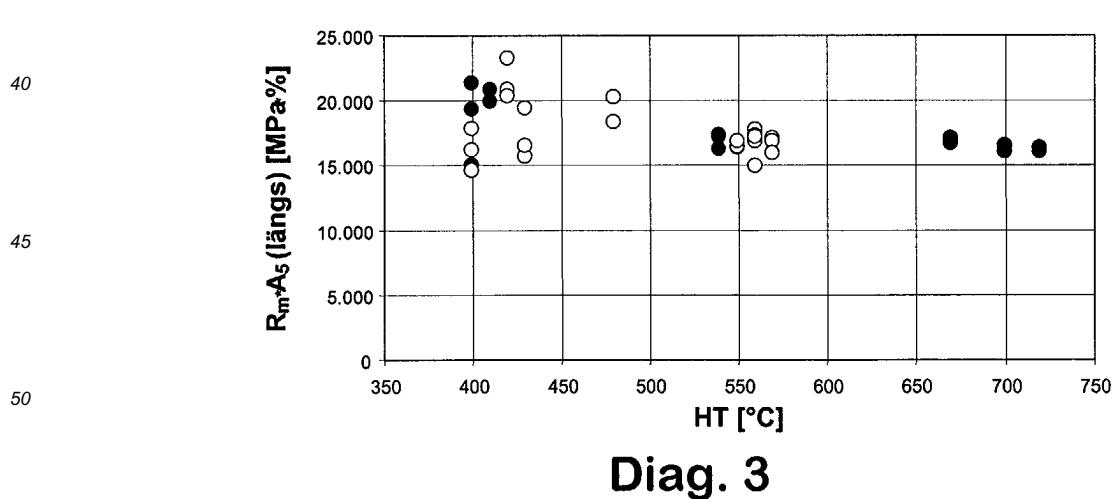
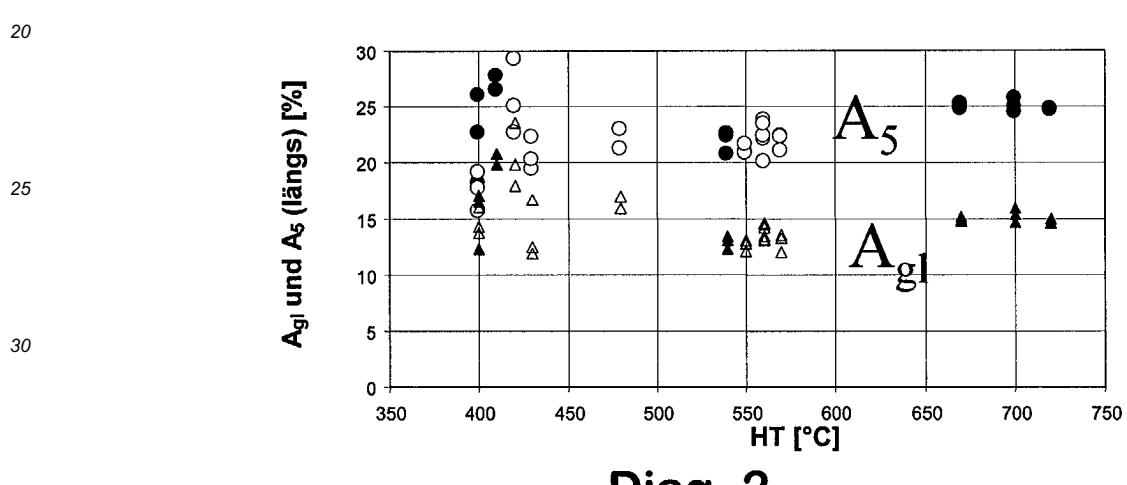
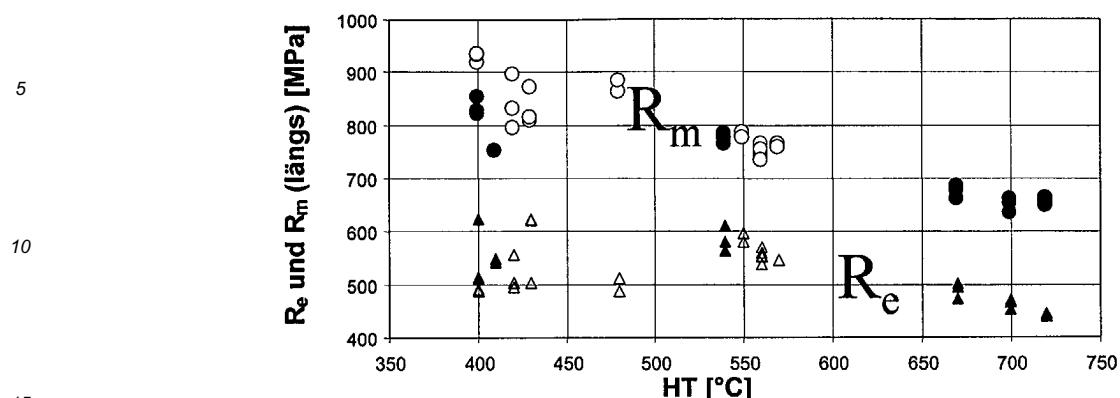
55

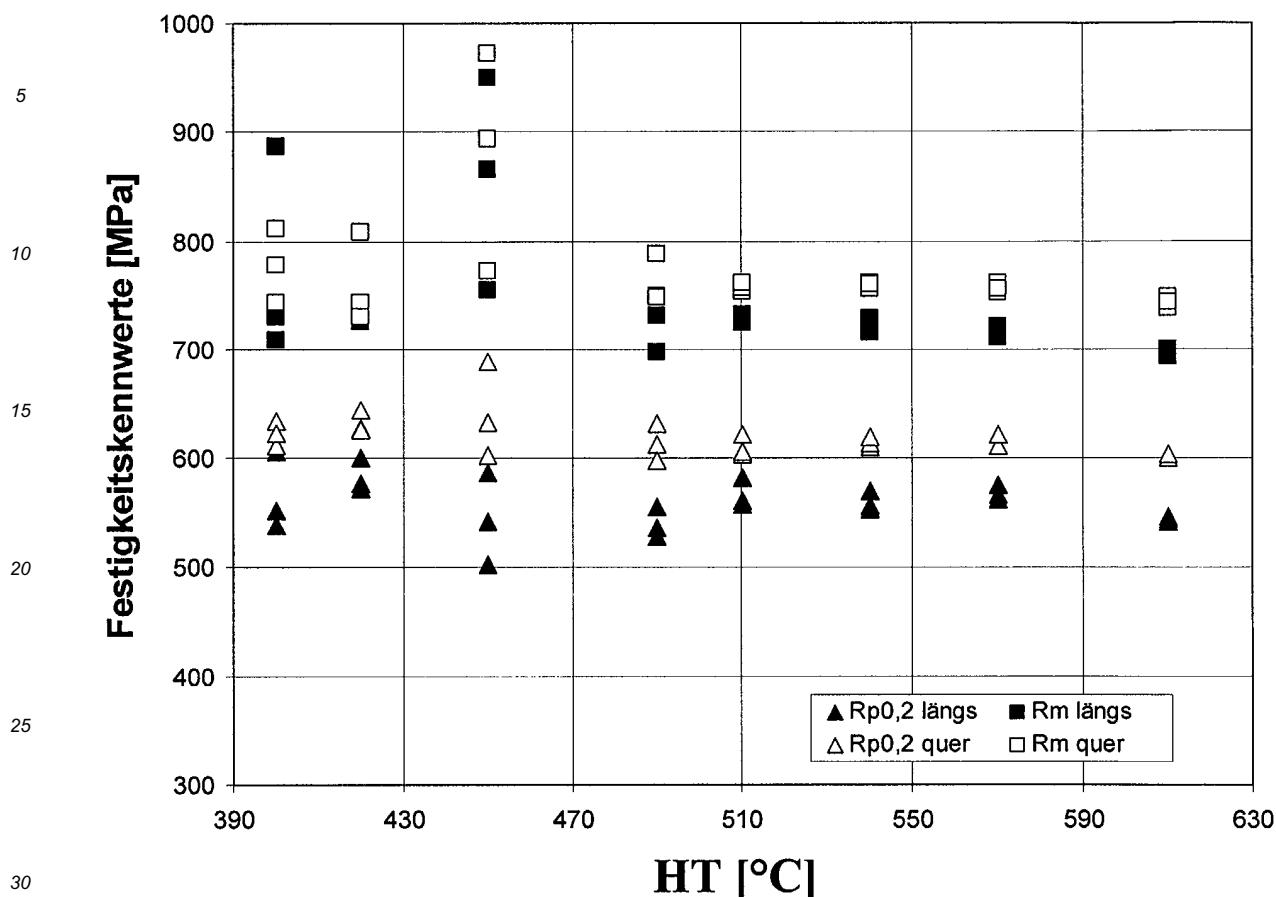
| Schmelze | d<br>[mm] | ET<br>[°C] | Kr<br>[K/s] | ZT<br>[°C] | HT<br>[°C] |
|----------|-----------|------------|-------------|------------|------------|
| S4       | 3,8       | 900        | 50          | 640        | 620        |
| S5       | 3,9       | 900        | 50          | 640        | 620        |
| S6       | 3,8       | 900        | 50          | 640        | 620        |
| S7       | 3,8       | 900        | 50          | 645        | 620        |
| S8       | 4,2       | 900        | 50          | 640        | 620        |
| S9       | 3,8       | 900        | 50          | 650        | 620        |

Tabelle 3

| Schmelze | ReH<br>[MPa] | ReL<br>[MPa] | Rm<br>[MPa] | Ag<br>[%] | A80<br>[%] | Rm*A80<br>[MPa*%] |
|----------|--------------|--------------|-------------|-----------|------------|-------------------|
| S4       | 628          | 600          | 693         | 14,4      | 22,7       | 15731             |
| S5       | 607          | 579          | 678         | 14,8      | 25,5       | 17289             |
| S6       | 630          | 603          | 720         | 14,6      | 22,9       | 16488             |
| S7       | 640          | 610          | 719         | 14,5      | 22,4       | 16106             |
| S8       | 543          | 506          | 617         | 15,2      | 24,6       | 15178             |
| S9       | 568          | 538          | 642         | 15,5      | 27,1       | 17398             |

Tabelle 4





Diag. 4

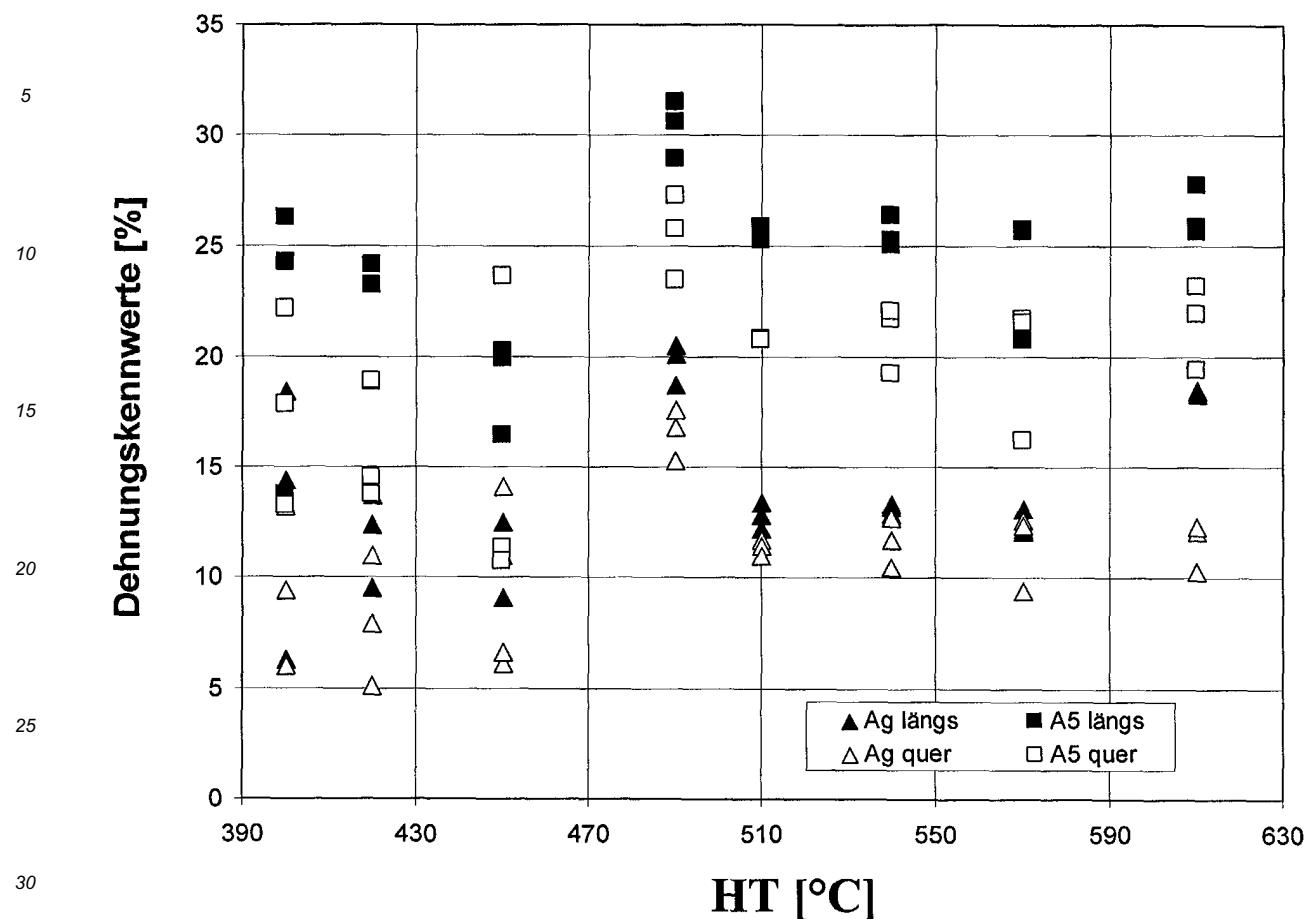
35

40

45

50

55



35

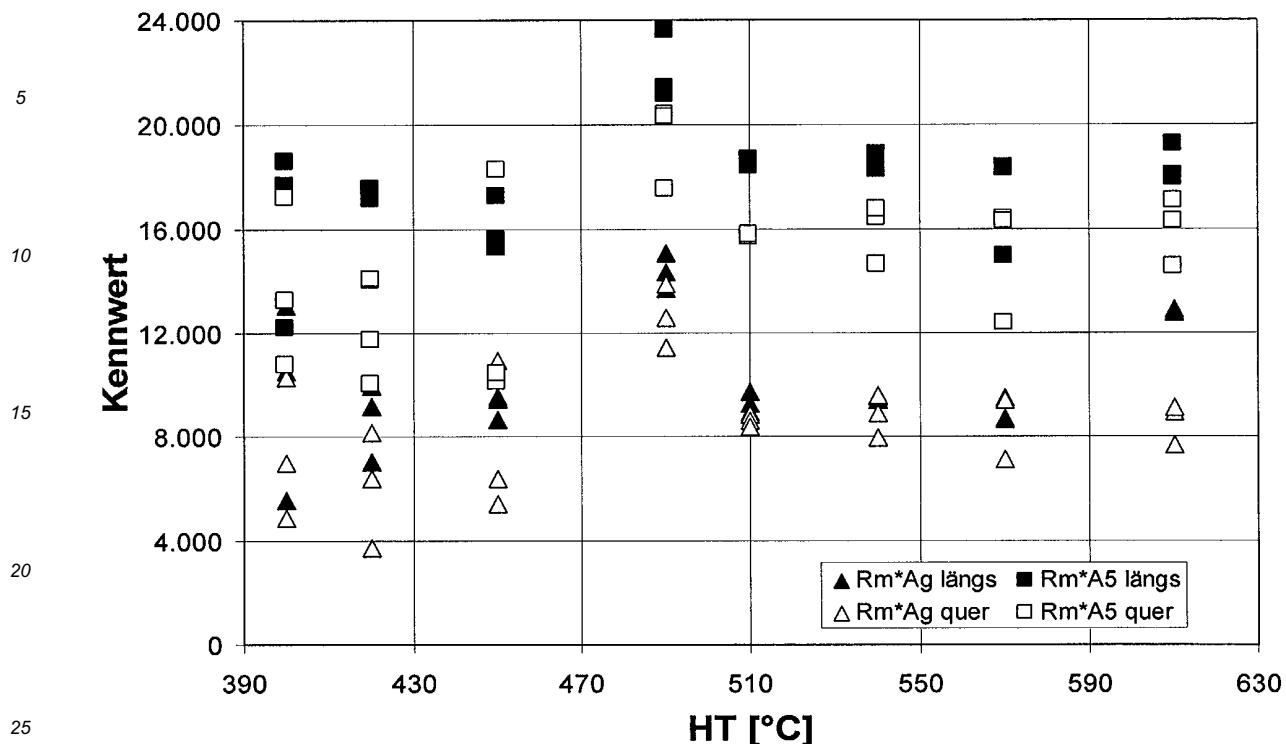
40

45

50

55

## Diag. 5



25

30

35

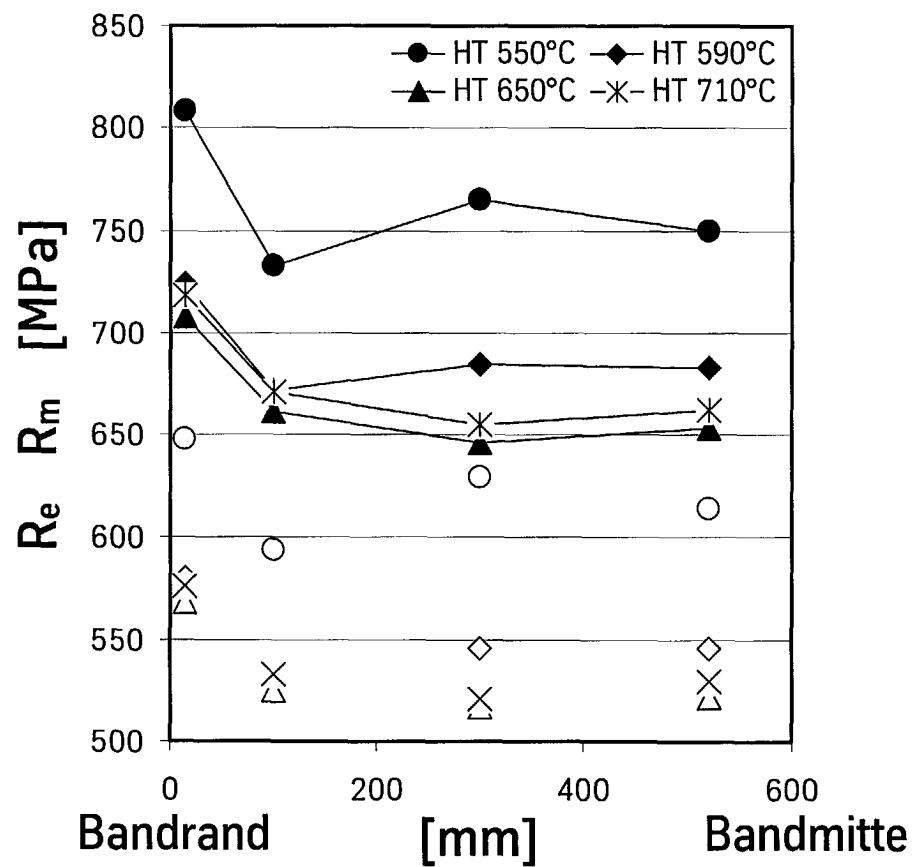
40

45

50

55

## Diag. 6



Diag. 7

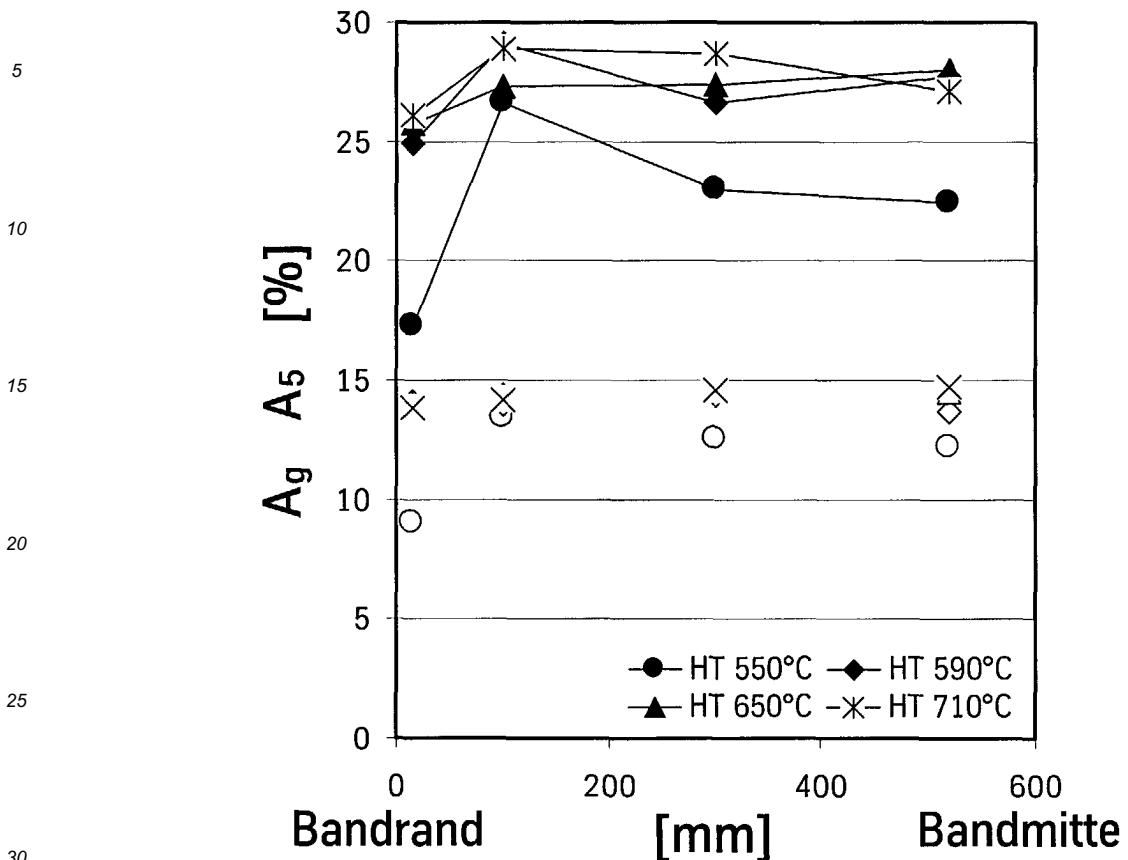
35

40

45

50

55



Diag. 8

**Patentansprüche**

45 1. Verfahren zum Herstellen eines Warmbandes, dessen Gefüge zum überwiegenden Teil aus Perlit und Ferrit besteht und das eine Zugfestigkeit von mindestens 600 MPa aufweist, indem mindestens folgende Arbeitsschritte durchgeführt werden:

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

50 C: 0,04 - 0,4 %,  
Si: 0,1 - 3,5 %,  
Mn: 0,8 -2,0 %,  
Al : 0,1 -2,0 %,

55 wobei die Summe aus den Gehalten an Si, Mn und Al 2 - 5 % beträgt,  
sowie wahlweise eines oder mehrere der folgenden Elemente

Ti: max. 0,15 %,  
Nb: max. 0,15 %,  
V: max. 0,15 %,  
Cr: max. 0,8 %,  
Mo: max. 0,8 %,  
Cu: max. 1 %,  
Ni: max. 1%

enthält,

zu einem Vormaterial, wie Brammen oder Dünnbrammen,

- Fertigwarmwalzen des Vormaterial zu einem Warmband bei Warmwalzendtemperaturen, die im Bereich von 750 bis 950 °C liegen,
- Abkühlen des erhaltenen Warmbands in einem Zug auf eine 540 bis 750 °C betragende Haspeltemperatur mit Abkühlraten, die im Bereich von 10 - 1000 K/s liegen,
- Haspeln des Warmbands.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gehalt an Si 0,1 - 2,0 Gew.-% beträgt.

3. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Summe aus den Gehalten an Si, Mn und Al 2,5 - 4 % beträgt.

4. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Vormaterial Dünnbrammen sind, die in einer kontinuierlichen Arbeitsfolge abgegossen, gegläht, warmgewalzt, abgekühlt und gehaspelt werden.

5. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abkühlgeschwindigkeit mehr als 100 K/s, insbesondere mehr als 250 K/s, beträgt.

6. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Haspeltemperatur 580 - 620 °C beträgt.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Haspeltemperatur 600 - 620 °C beträgt.

8. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gefüge des erhaltenen Warmbands Bainit enthält.

9. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gefüge des erhaltenen Warmbands mindestens 35 % Ferrit enthält.

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anteil des Ferrits am Gefüge 60 - 70 % beträgt.

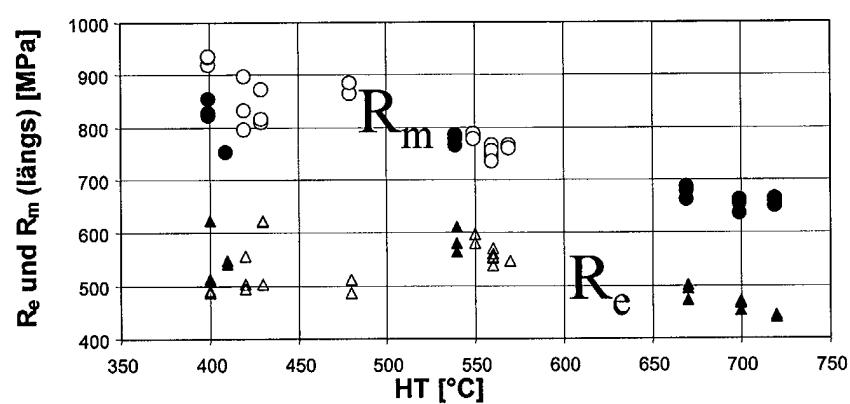
11. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Produkt der Zugfestigkeit Rm und der Bruchdehnung A80 des erhaltenen Warmbands mindestens 15.000 MPa\*% beträgt.

12. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Produkt der Zugfestigkeit Rm und der Bruchdehnung A5 des erhaltenen Warmbands mindestens 16.000 MPa\*% beträgt.

13. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Warmband nach dem Haspeln einer Wärmebehandlung unterzogen wird, bei der es mindestens auf Austenitisierungstemperatur erwärmt und anschließend langsam abgekühlt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wärmebehandlung in einem Haubenofen durchgeführt wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wärmebehandlung unter einer sauerstoffarmen Atmosphäre durchgeführt wird.



Diag. 1



Europäisches  
Patentamt

## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 02 01 9315

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                 |                      |                                            |               |                             |        |          |               |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------------------------------------|---------------|-----------------------------|--------|----------|---------------|-----------|
| Kategorie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile                                                                                                             | Betrifft<br>Anspruch | KLASSIFIKATION DER<br>ANMELDUNG (Int.Cl.7) |               |                             |        |          |               |           |
| A,D                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | US 5 470 529 A (KUNISHIGE KAZUTOSHI ET AL) 28. November 1995 (1995-11-28)<br>---                                                                                                                |                      | C21D8/02<br>C22C38/06                      |               |                             |        |          |               |           |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | WO 02 48410 A (SCHOLTEN WERNER ; HAENSCH WILFRIED (DE); THYSSEN KRUPP STAHL AG (DE) 20. Juni 2002 (2002-06-20)<br>---                                                                           |                      |                                            |               |                             |        |          |               |           |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 1998, no. 13,<br>30. November 1998 (1998-11-30)<br>& JP 10 219387 A (SUMITOMO METAL IND LTD),<br>18. August 1998 (1998-08-18)<br>* Zusammenfassung *<br>----- |                      |                                            |               |                             |        |          |               |           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                 |                      | RECHERCHIERTE<br>SACHGEBiete (Int.Cl.7)    |               |                             |        |          |               |           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                 |                      | C21D<br>C22C                               |               |                             |        |          |               |           |
| <p>Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Recherchenart</td> <td style="width: 33%;">Abschlußdatum der Recherche</td> <td style="width: 34%;">Prüfer</td> </tr> <tr> <td>DEN HAAG</td> <td>1. April 2003</td> <td>Mollet, G</td> </tr> </table> <p>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</p> <p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br/> Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br/> A : technologischer Hintergrund<br/> O : nichtschriftliche Offenbarung<br/> P : Zwischenliteratur</p> <p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br/> E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldeatum veröffentlicht worden ist<br/> D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br/> L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument<br/> &amp; : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p> |                                                                                                                                                                                                 |                      |                                            | Recherchenart | Abschlußdatum der Recherche | Prüfer | DEN HAAG | 1. April 2003 | Mollet, G |
| Recherchenart                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Abschlußdatum der Recherche                                                                                                                                                                     | Prüfer               |                                            |               |                             |        |          |               |           |
| DEN HAAG                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 1. April 2003                                                                                                                                                                                   | Mollet, G            |                                            |               |                             |        |          |               |           |

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

EP 02 01 9315

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendokumente 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.

01-04-2003

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patendokument |   | Datum der<br>Veröffentlichung |          | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie |                          | Datum der<br>Veröffentlichung |
|---------------------------------------------------|---|-------------------------------|----------|-----------------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| US 5470529                                        | A | 28-11-1995                    | KEINE    |                                   |                          |                               |
| WO 0248410                                        | A | 20-06-2002                    | DE<br>WO | 10062919 A1<br>0248410 A1         | 27-06-2002<br>20-06-2002 |                               |
| JP 10219387                                       | A | 18-08-1998                    | JP       | 3322152 B2                        |                          | 09-09-2002                    |