



Wirtschaftspatent

Ermittelt gemäß § 6 Absatz 1 des Aenderungsgesetzes
zum Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11) **201 153**

Int.Cl.³

3(51) C 21 D 1/26

AMT FUER ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP C 21 D/ 2350 504

(22) 23.11.81

(44) 06.07.83

(71) VEB BANDSTAHLKOMBINAT "HERMANN MATERN";DD;

(72) STEINERT, GUENTER,DIPL.-ING.;RUEHL, HELMUT,DIPL.-ING.;GOERSDORF, WOLFGANG,DIPL.-ING.;DD;

(73) siehe (72)

(74) VEB BANDSTAHLKOMBINAT "HERMANN MATERN" BUERO F. SCHUTZRECHTE 1220
EISENHUETTENSTADT WERKSTR. 1

(54) **VERFAHREN ZUR WAERMEBEHANDLUNG VON BANDSTAHL MIT HOHER BRUCHARBEIT**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung von kaltgewalztem Bandstahl hoher Festigkeit, insbesondere für Verpackungszwecke an großen Transporteinheiten. Das Ziel der Erfindung ist es, ohne Inanspruchnahme von Spezialeinrichtungen mit geringem technologischen Aufwand und unter Einsatz eines leichtverfügbaren, kostengünstigen Ausgangswerkstoffes ein Erzeugnis mit konstant hohen Eigenschaftswerten, insbesondere an Bruchfestigkeit und Bruchdehnung herzustellen. Dazu ist das Verfahrensprinzip der Einstellung einer vorteilhaften Eigenschaftskombination Festigkeit/Zähigkeit über die Kristallerholungsbehandlung weiterzuentwickeln. Erfindungsgemäß wird das Wärmgut auf eine um 20 bis 70 K unterhalb Sollglühtemperatur liegende Temperatur erwärmt, bei dieser mindestens 30 Min. lang gehalten, danach auf Solltemperatur gebracht, bei dieser gehalten und anschließend mit subkritischer Geschwindigkeit abgekühlt.



Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 6 Absatz 1 des Änderungsgesetzes zum Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11)

201 153

Int.Cl.³

3(51) C 21 D 1/26

AMT FUER ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP C 21 D/ 2350 504

(22) 23.11.81

(44) 06.07.83

(71) VEB BANDSTAHLKOMBINAT "HERMANN MATERN"; DD;

(72) STEINERT, GUENTER, DIPL.-ING.; RUEHL, HELMUT, DIPL.-ING.; GOERSDORF, WOLFGANG, DIPL.-ING.; DD;

(73) siehe (72)

(74) VEB BANDSTAHLKOMBINAT "HERMANN MATERN" BUERO F. SCHUTZRECHTE 1220
EISENHUETTENSTADT WERKSTR. 1

(54) VERFAHREN ZUR WAERMEBEHANDLUNG VON BANDSTAHL MIT HOHER BRUCHARBEIT

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung von kaltgewalztem Bandstahl hoher Festigkeit, insbesondere für Verpackungszwecke an großen Transporteinheiten. Das Ziel der Erfindung ist es, ohne Inanspruchnahme von Spezialeinrichtungen mit geringem technologischen Aufwand und unter Einsatz eines leichtverfügbaren, kostengünstigen Ausgangswerkstoffes ein Erzeugnis mit konstant hohen Eigenschaftswerten, insbesondere an Bruchfestigkeit und Bruchdehnung herzustellen. Dazu ist das Verfahrensprinzip der Einstellung einer vorteilhaften Eigenschaftskombination Festigkeit/Zähigkeit über die Kristallerholungsbehandlung weiterzuentwickeln. Erfindungsgemäß wird das Wärmegut auf eine um 20 bis 70 K unterhalb Sollglühtemperatur liegende Temperatur erwärmt, bei dieser mindestens 30 Min. lang gehalten, danach auf Solltemperatur gebracht, bei dieser gehalten und anschließend mit subkritischer Geschwindigkeit abgekühlt.

Zur PS Nr. *201.153*.....

ist eine Zweitschrift erschienen.

(Teilweise bestätigt gem. § 18 Abs.1 d. Änd.Ges.z.Pat.Ges.)

- 7 -
235 050 4

a) Titel der Erfindung

Verfahren zur Wärmebehandlung von Bandstahl mit hoher Brucharbeit

b) Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung von kaltgewalztem Bandstahl hoher Festigkeit, insbesondere für Verpackungszwecke an großen Transporteinheiten, der in der Lage ist, sehr hohe Spannkkräfte aufzunehmen und damit einer in sicht verschiebbaren Last, z.B. einem Blechpaket, über Reibschluß entsprechende Stabilität zu verleihen sowie bei Verschiebestößen ein Maximum an kinetischer Energie in Formänderungsarbeit umzusetzen und damit die Bruchwahrscheinlichkeit zu verringern. Die Erfindung bezieht sich insbesondere auf ein Verfahren zur Wärmebehandlung o.g. Bandstahls.

c) Charakterisierung der bekannten technischen Lösungen

Zur Erzielung hoher Beanspruchbarkeit von Bandstahl durch Zugkräfte sowie ausreichender Bruchsicherheit durch genügende Reserven in Verformungs- bzw. Dehnvermögen des Bandstahls sind bereits sehr unterschiedliche Wege beschritten worden, so der Einsatz von höherfesten Stählen, die Nutzung der Kaltverfestigung oder die Herstellung verschiedenartiger patentierter, bainitischer, massiv-ferritischer oder martensitischer Vergütungsgefüge.

Eine bekannte Verfahrensweise ist der Einsatz eines höherfesten Baustahls, dessen Kaltverformung zur Erzielung einer wirksamen Kaltverfestigung sowie die anschließende

Wärmebehandlung bei Temperaturen bzw. unter Bedingungen, die zwar eine wirksame Wiederherstellung der Umformbarkeit des Bandstahls bewirken, dessen Bruchfestigkeit R_m , jedoch weitaus weniger herabsetzen, als dies bei einer Vollrekristallisation der Fall ist.

Hier einzuordnende Verfahrensvarianten sind die Teilrekristallisation und die Kristallerholungsbehandlung.

(DE-AS 1608 164); "The effect of partial recrystallisation on the properties of continuously annealed strip"

Toth, R; Lancker, H; Blast Furnace and Steel Plant (1969) 11, s. 919/28)

Der Arbeitstemperaturbereich für die Teilrekristallisation liegt im Übergang zum Rekristallisationsteilabfall. Die erzielbare Eigenschaftskombination ist gekennzeichnet durch hohe Produktwerte aus Zugfestigkeit und Dehnung, wobei der Verhältniswert Zugfestigkeit des teilrekristallisierend behandelten Bandes zur Zugfestigkeit des kaltverfestigten Ausgangsbandes unterhalb etwa 0,8 liegt und der o.g. Produktwert z.B. für Weißblechvormaterial bei gleicher Bezugfestigkeit des Bandes und Verwendung der Gleichmaßdehnung im Falle teilrekristallisierender Behandlung etwa 5 bis 10 und höher ist als im Falle des Anwalzens der Festigkeit. Die sichere Erreichung der Eigenschafts-Zielparameter am Band setzt allerdings eine genaue Steuerung der Prozeßparameter Temperatur und/oder Verweilzeit des Bandes im Ofen voraus, die großtechnisch nur in Durchlaufanlagen mit etwa $\pm 8^\circ\text{C}$ für eine Härtetoleranz von $\pm 1 \text{ RT } 30$ zu gewährleisten ist.

Darüberhinaus besteht für Verpackungsband Interesse, mit der Wärmebehandlung nur möglichst geringe, weniger als $\sim 15\%$ betragende Festigkeitsabfälle in Kauf zu nehmen. Das ist prinzipiell möglich, wenn bei Temperaturen unterhalb des Rekristallisationsteilabfalls gearbeitet wird. Für diesen Temperaturbereich ist die Änderung der mechanischen Kenngrößen Festigkeit und Bruchdehnung des Bandes mit Änderung der Parameter Behandlungszeit und -temperatur geringer und ermöglicht auch die Anwendung von Einsatzver-

fahren, d.h. z.B. die Wärmebehandlung in Haubenglühanlagen.

Eine entsprechende, großtechnisch angewendete Verfahrensweise zur Herstellung von höherfesten Verpackungsbandstahl begründet sich auf der Kaltverfestigung von höherfesten, in der Regel Al-vollberuhigtem Baustahl und dessen anschließender Entspannungs- oder Erholungsglühung in Topf- oder Haubenöfen oder auch Durchlaufglühanlagen.

("Eine neue Herstellungstechnologie für hochfestes Verpackungsband"; Rsenzuk, F. u.a. Stal, Moskwa, 35 (1976) 12, S: 1111 - 1112)

Die konkrete Höhe der Arbeitstemperatur ist dabei von der verwendeten Glüheinrichtung als auch vom Rekristallisationsverhalten des eingesetzten Stahles abhängig, liegt jedoch in jedem Falle unterhalb der Rekristallisationsschwelle.

Die für Einsatz höherfester Baustähle des Typs H 52-3 erzielbaren Werkstoffeigenschaften sind Bruchfestigkeiten $R_m \geq 700$ MPa bei Bruchdehnungen $\epsilon_5 > 10$ %. Für Baustähle mit abweichenden Nennfestigkeiten des Warmbandes (z.B. H 45-3; H 60-3) ergeben sich entsprechend höhere oder niedrigere Festigkeits- oder Dehnungswerte. Gleiches trifft auch für abweichende Vorbehandlungszustände, z.B. den Einsatz von sorbitisiertem oder patentiertem Kaltband, zu. Zur Erzielung hoher Festigkeiten an Verpackungsband bei gleichzeitig hoher Bruchdehnung wurden auch bereits andere Verfahren zum Einsatz gebracht oder vorgeschlagen, darunter das Patentieren oder das Zwischenstufenvergüten von Bandstahl oder auch die Herstellung von Warmband mit sorbitischem oder Zwischenstufengefüge, das einer anschließenden Kaltwalzung und Kristallerholungsbehandlung unterzogen wird. (DE-PS 1608 163) Es ist auf diese Weise möglich, Verpackungsbänder mit Festigkeiten ≥ 950 MPa, für die Verfahrensvariante mit Kaltnachverfestigung und Kristallerholungsbehandlung bis zu etwa 1250 Mpa jeweils bei Bruchdehnungen ϵ_5 zwischen ~ 10 und 17 % herzustellen. Die genannten Verfahren setzen jedoch entweder besondere Einrichtungen in Form von Patentier- oder Vergüteanlagen sowie zusätzliche

Arbeitsschritte voraus, belasten also das Fertigerzeugnis durch erforderlichen hohen Grundmitteleinsatz und erhöhte Produktionskosten oder aber sie verzichten - wie im Falle der Verfahrensvariante mit Kaltnachverfestigung von sorbitischem oder bainitischem Warmband - auf einen zusätzliche Verfahrensschritt und weitere Anlagentechnik, setzen aber aufgabenspezifische technische Sondermaßnahmen im Warmwalzwerk und erhöhte Gehalte an austenit-stabilisierenden Legierungselementen von z.B. 0,4 bis 2,0 % Mangan und/oder Nickel im Warmband bei einem weiteren Gehalt von 0,35 bis 0,8 % C voraus. Letzteres trifft auch für die Herstellung von Verpackungsband auf dem Wege der Luftvergütung zu, wofür etwa 2,0 bis 2,5 % Mangan zur Stabilisierung des unterkühlten Austenits eingesetzt werden.

Weiterhin vorgeschlagen wurde ein Verfahren zur Erzeugung von höherfestem Verpackungsband mit Festigkeiten um 1000 MPa und Dehnungen σ_5 um 12 bis 17 %, bei dem kaltverfestigter Bandstahl mit Kohlenstoffgehalten von 0,10 bis 0,20 %, höchstens 0,50 % Si und 0,30 bis 1,0 % Mn nach Austenitisierung oberhalb 820°C in Wasser oder wassergekühlten Quetten abgeschreckt wird, um auf diese Weise ein massiv-ferritisches Gefüge mit vorgenannten Eigenschaften zu erzeugen. (Dissertation E. Hesse, BA Freiberg 1976)

Auch dieses Verfahren erfordert eine gesonderte Anlagentechnik. Nach vorliegender Erfahrung ist die Bandebenheit nur schwer beherrschbar. Auch zur sicheren Einstellung der mechanischen Eigenschaften wird die evtl. Korrektur der Parameter durch eine zusätzliche Anlaßbehandlung empfohlen.

Zur Einstellung besonders günstiger Werkstoffeigenschaften auf dem Wege der Kristallerholungsbehandlung von kaltverfestigtem Bandstahl wird letztenendes empfohlen, Warmband von $\geq 3,0$ mm Dicke zunächst auf eine Zwischendicke kalt abzuwalzen, bei dieser Dicke eine Kristallerholungsbehandlung durchzuführen, auf Fertigdicke zu walzen und die Endeingenschaften mittels erneuter Kristallerholungs-

behandlung einzustellen. ("Herstellung von Verpackungsband hoher Festigkeit"; Popov, G. u.a.; Metallurg, Moskva, 23 (1978) 11, S. 30/31) Auch dieses Verfahren ist durch erhöhte Anzahl von Arbeitsschritten kostenaufwendig, wobei der erzielte Eigenschaftsvorteil gegenüber der Verfahrensweise mit nur einer Erholungsbehandlung auf eine leichte Anhebung der Zugfestigkeit des Bandstahls beschränkt bleibt. Kristallerholungsbehandlungen werden in der Regel im Durchlauf, z.T. auch im Einsatz, durchgeführt.

d) Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist der Nachweis eines Verfahrens zur Erzeugung von höherfestem, kaltgewalztem Verpackungsbandstahl, nach dem es möglich ist, ohne Inanspruchnahme von Spezialeinrichtungen mit geringem technologischen Aufwand und geringstmöglichem Aufwand an Arbeitsschritten sowie unter Einsatz eines leichtverfügbaren, kostengünstigen Ausgangswerkstoffes ein Erzeugnis mit konstant hohen Eigenschaftswerten, insbesondere einem hohen Produktwert aus Bruchfestigkeit R_m und Bruchdehnung sowie einer Festigkeit > 750 MPa, vorzugsweise > 800 MPa sicher herzustellen.

e) Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das Verfahrensprinzip der Einstellung einer vorteilhaften Eigenschaftskombination Festigkeit/Zähigkeit über Kristallerholungsbehandlung von kaltverfestigtem Bandstahl weiterzuentwickeln und eine optimale Verbindung von Maximaleigenschaften, hoher Produktionssicherheit und geringsten Verfahrenskosten zu schaffen.

Mit der Erfindung wird die Erkenntnis genutzt, daß die Eigenschaften am Fertigerzeugnis nur dann optimal einstellbar sind, wenn die Möglichkeiten der Kristallerholung maximal genutzt werden, ohne daß es zur Kristallneubildung (Rekristallisation) kommt. Dabei wird berücksichtigt, daß die Rekristallisation als thermisch aktivierter Vorgang

bei umso niedrigerer Temperatur einsetzt, je höher das Potential an latenter Gitterenergie, eingebracht durch Kaltverformung und ausdrückbar durch den Zustand der Versetzungsanordnungen im Kristallgitter und die Versetzungsdichte, ist. Eine bedeutende Absenkung dieses Energieniveaus tritt im Verlaufe der Kristallerholung ein. Diese kann - bei genügend langsamer Erwärmung - soweit führen, daß die Triebkraft für eine Kornneubildung nicht mehr und eine primäre Rekristallisation des Gefüges völlig unterbleibt. Eine solche Wirkung ist unter großtechnischen Bedingungen allerdings nicht realisierbar.

Es wurde jedoch gefunden, daß die Temperatur des Rekristallisationsbeginns dann um einen nennenswerten Betrag (ca. 30 K) anhebbar ist, wenn der kaltverfestigte Bandstahl nach Erhitzung auf eine unter der Rekristallisationsschwelle liegende Temperatur dort über längere Zeit belassen wird. Damit wird es möglich, den Prozeß der Kristallerholung bei erhöhter Temperatur fortzusetzen und im Ergebnis eine deutliche Anhebung der Bruchdehnung des Materials bei einem verhältnismäßig geringeren gleichzeitigen Rückgang der Bruchfestigkeit, insgesamt jedoch eine merkliche Vergrößerung des Produktwertes aus Festigkeit und Dehnung und damit des Energieabsorptionsvermögens des Verpackungsbandes bis zum Bruch zu erreichen.

Erfindungsgemäß wird das Wärmgut auf eine um 20 bis 70 K unterhalb Sollglühtemperatur liegende Temperaturstufe gebracht und bei dieser mindestens 30 Minuten lang gehalten. Nachfolgen wird das Glühgut auf Solltemperatur erwärmt, bei dieser Temperatur gehalten und anschließend beliebig mit subkritischer Geschwindigkeit abgekühlt. Die Solltemperatur in der oberen Temperaturstufe liegt zwischen 500° und 580° C. Es liegt im Bereich der Erfindung, daß der 20 bis 70 K unterhalb Sollglühtemperatur liegenden Haltestufe sich weitere Zwischenwärmstufen anschließen. Die Durchführung der Kristallerholungsbehandlung in zwei Temperaturstufen führt gleichzeitig zu einem

besseren Temperaturlausgleich des Glühgutes im Einsatz und trägt zur Erreichung eines engen Streubandes für die Zielparameter Bruchfestigkeit und Bruchdehnung des Bandstahls bei.

f) Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird nachfolgend durch zwei Ausführungsbeispiele näher erläutert.

Beispiel 1

Warmband aus einem vollberuhigten höherfesten Aluminium-Feinkorn-Baustahl H 52 wird nach Entfernen des Walzzunders von einer Ausgangsdicke 2,4 mm auf eine Enddicke 0,9 mm kaltgewalzt und das Ringmaterial anschließend in eine Haubenglühanlage zur Durchführung der Kristallerholungsbehandlung eingesetzt. Der Ringstapel wird daraufhin auf eine Zwischen-Solltemperatur von 480°C erwärmt, bei dieser Temperatur 4 Stunden lang gehalten, anschließend auf Solltemperatur 530°C weiter erhitzt, nochmals 4 bis 5 Stunden gehalten und auf Entnahmetemperatur abgekühlt. Hierbei ergibt sich aus der möglichen Temperaturanhebung für die 2. Haltestufe gegenüber Verfahrungsweise mit unmittelbarer Aufheizung auf die maximale Arbeitstemperatur der Kristallerholung eine relative Zunahme der Bruchdehnung um 13,9 % bei einer gleichzeitigen Abnahme der Bruchfestigkeit des Bandstahls um 2,5 %. Das Energieabsorptionsvermögen des Bandstahls steigt damit um 11 % an.

Beispiel 2

Nach einer weiteren Variante wird Warmband des gleichen Stahls von 2,0 auf 0,9 mm kalt abgewalzt, im Haubenofen auf 500°C erwärmt, dort 4 Stunden lang gehalten, danach auf eine Metalltemperatur von 550°C gebracht und nach einer Haltedauer von 4 bis 5 Stunden abgekühlt. Die ermittelte relative Dehnungszunahme gegenüber einstufiger Verfahrungsweise beträgt 14 %. Bei einem gleichzeitigen Nachlassen der Werkstoff-Festigkeit um 3,8 % ergibt sich eine Zunahme des Energieabsorptionsvermögens um 10 %.

Erfindungsanspruch

1. Verfahren zur Wärmebehandlung von Bandstahl mit hoher Brucharbeit im Bereich der Kristallerholung dadurch gekennzeichnet, daß das Wärmegut zunächst auf eine um 20 bis 70 K unterhalb Sollglühtemperatur liegende Temperaturstufe gebracht, bei dieser mindestens 30 Minuten lang gehalten und daraufhin weiter auf Solltemperatur erwärmt, bei dieser gehalten und anschließend beliebig mit subkritischer Geschwindigkeit abgekühlt wird.
2. Verfahren nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Solltemperatur in der oberen Temperaturstufe zwischen 500° und 580°C liegt.
3. Verfahren nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich zu der 20 bis 70 K unterhalb Sollglühtemperatur liegenden Haltestufe weitere Zwischenwärmstufen vorgesehen werden.