

⑫ **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

⑰ Anmeldenummer: 86109521.4

⑤① Int. Cl.4: **C21D 8/04**

⑱ Anmeldetag: 11.07.86

⑳ Priorität: 10.08.85 DE 3528782

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
01.04.87 Patentblatt 87/14

⑥④ Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH DE FR GB IT LI LU NL SE

⑦① Anmelder: **Hoesch Stahl Aktiengesellschaft**  
**Rheinische Strasse 173**  
**D-4600 Dortmund 1(DE)**

⑦② Erfinder: **Drewes, Ernst Jürgen, dr.**  
**Niederhofener Kohlenweg 72**  
**D-4600 Dortmund 30(DE)**  
Erfinder: **Engl, Bernhard, Dr.**  
**Helenenbergweg 16**  
**D-4600 Dortmund 50(DE)**  
Erfinder: **Horn, Klaus Dieter**  
**Stiegenweg 52**  
**D-4600 Dortmund 70(DE)**

⑦④ Vertreter: **Kremser, Manfred, Dipl.-Ing.**  
**Hoesch Aktiengesellschaft Eberhardstrasse**  
**12**  
**D-4600 Dortmund 1(DE)**

⑤④ **Verfahren zum Herstellen eines alterungsbeständigen Bandstahles mit hoher Kaltumformbarkeit.**

⑤⑦ Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Herstellen eines alterungsbeständigen Bandstahles mit hoher Kaltumformbarkeit durch Warmbandwalzen, Kaltwalzen, rekristallisierendes Glühen und nachfolgendes Dressieren. Um ausschließlich kontinuierliche Produktionsverfahren mit erhöhter Wirtschaftlichkeit verwenden zu können und dabei verbesserte Eigenschaften der Fertigprodukte, differenziert nach den jeweiligen Verformungsverfahren, Werkstoffbeanspruchungen und kennwerten zu erzielen, wird nach der Erfindung vorgeschlagen, Stähle (Angaben in Masseprozenten) mit

max. 0,06% C

max. 0,10% Si

max. 0,40% Mn

max. 0,03% P

max. 0,03% S

max. 0,01% N

mindestens einem der fünf Elemente aus nachfolgender Gruppe

0 -0,10% Al

0 -0,006% B

0 -0,20% Ti

0 -0,20% Nb

0 -0,20% V

erschmelzungsbedingten Verunreinigungen,

Rest Eisen

zu Brammen zu vergießen, vor dem Warmwalzen auf Temperatur bis höchstens 1 200° C zu erwärmen, auszuwalzen, zu haspeln und anschließend rekristal-

**EP 0 216 044 A2**

lisierend auf Dehngrenzen von höchstens 200 n/mm<sup>2</sup>  
zu glühen.

## Verfahren zum Herstellen eines alterungsbeständigen Bandstahles mit hoher Kaltumformbarkeit

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines alterungsbeständigen Bandstahles mit hoher Kaltumformbarkeit durch Warmbandwalzen, Kaltwalzen, rekristallisierendes Glühen und nachfolgendes Dressieren.

Kaltgewalzter Bandstahl wird vielfach zur Herstellung von kaltumgeformten Erzeugnissen verwendet. Je nach Art des Umformverfahrens sind unterschiedliche Eigenschaften (Kennwerte) erforderlich; in allen Fällen hoher Verformung sind niedrige Dehngrenzen und hohe Bruchdehnungswerte vorteilhaft. Außerdem sind folgende Werkstoffeigenschaften bzw. Kennwerte maßgebend:

-Beim Abkanten, wie beispielsweise bei der Herstellung von Kaltprofilen, sind niedrige Dehngrenzen und hohe Bruchdehnungswerte ausreichend,

-bei Streckziehvorgängen wird zusätzlich ein hoher Verfestigungsexponent  $n_m$  angestrebt,

-bei Tiefziehhbeanspruchung, speziell zur Herstellung komplizierter Teile z.B. von Automobilkarosserien, sollte zusätzlich der Wert der senkrechten Anisotropie  $r_m$  möglichst hoch sein.

Warmgewalzte Stähle für die vorgenannten Zwecke werden nach dem Kaltwalzen rekristallisierend geglüht. Diskontinuierliche Glühverfahren weisen Nachteile, z.B. geringe Produktivität auf, weil die Durchführung mehrere Tage benötigt. Die neuerlich bevorzugten kontinuierlichen Verfahren des rekristallisierenden Glühens, wie sie z.B. in dem Buch "Herstellung von kaltgewalztem Band", 1970, Verlag Stahleisen Düsseldorf in Bild 28 gezeigt sind, bieten bei diesem einen Verfahrensschritt die Möglichkeit zur Erreichung deutlich höherer Produktivität. Die OS 2 348 062 beschreibt die Verwendung dieser Vorrichtungen zur Erzeugung kaltgewalzten Stahlbandes mit guten Umformeigenschaften aus unberuhigten und beruhigten Stählen.

Es gehört weiterhin zum Stand der Technik, daß der Stahl nach der Glühbehandlung zur Einstellung einer für die Verarbeitung des Kaltbandes erforderlichen Alterungsbeständigkeit einer kurzzeitigen Überalterungsbehandlung im Bereich von etwa 250 bis 450° C unterzogen wird. Daran schließt sich die sogenannte "Dressierbehandlung" an.

Das vorgenannte Fachbuch schildert im übrigen recht ausführlich den Stand der Technik bei der Herstellung und Prüfung von kaltgewalztem Bandstahl. Für die verschiedenen Werkstoff-Kenn-

werte  $r_m$  und  $n_m$  wird auf S. 347 -355 verwiesen. Weitere Werkstoffvorschriften sind DIN 1623 Teil 1, Ausgabe Febr. 1983 (weiche unlegierte Stähle zum Kaltumformen) und DIN 1624 zu entnehmen.

5 Nach dem derzeitigen Stand der Technik ist die Herstellung alterungsbeständiger Bandstähle mit höchster Kaltumformbarkeit jedoch noch nicht befriedigend gelöst, insbesondere bestehen Wünsche

10 -nach ausschließlicher Verwendung kontinuierlicher Produktionsverfahren mit erhöhter Wirtschaftlichkeit

15 -nach verbesserten Eigenschaften der Fertigprodukte, differenziert nach den jeweiligen Verformungsverfahren, Werkstoffbeanspruchungen und -kennwerten.

20 Hier setzt die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein; die Lösung der vorgenannten Aufgabe ist in Anspruch 1 in Verbindung mit den Ansprüchen 6 oder 7 beschrieben und besteht im wesentlichen in der Kombination folgender Maßnahmen:

25 -Verwendung einer bestimmten Stahlanalyse

-Begrenzung der Vorwärmtemperatur vor dem Warmwalzen

30 -Auswahl der Walzendtemperatur je nach bevorzugten Werkstoff-Kennwerten

-kontinuierliches rekristallisierendes Glühen.

35 Die erfindungsgemäße Aufgabe wird im einzelnen dadurch gelöst, daß die nach dem Stand der Technik angewendeten hohen Brammenvorwärmtemperaturen bei dem neuen Verfahren verlassen, also abgesenkt werden. Je nach der für bestimmte Verwendungszwecke bevorzugten Kombination der Materialkennwerte wird auch die Walzendtemperatur differenziert, also das Warmwalzen bei einer Temperatur unterhalb oder oberhalb der Umwandlungstemperatur  $A_1$  im letzten Fertigerüst beendet.

45 Es werden an sich bekannte kontinuierliche Verfahren der rekristallisierenden Glühung verwendet.

Im Gesamteffekt wird überraschender Weise ein in seinen Eigenschaften gezielt verbessertes Produkt erzielt.

50 Die erfindungsgemäß zu verwendenden Stahlanalysen sind im Hauptanspruch erwähnt; in den Ansprüchen 2, 3 und 4 sind vorzugsweise zu verwendende eingeeengte Werte festgelegt.

Für das Vorwärmen der Brammen vor dem Warmwalzen ist generell ein Temperaturbereich von ca. 1 100 -1 300° C eingeführt ("Eisenhütte", Berlin 1961, S. 427). Üblicher Weise werden dabei, insbesondere für kontinuierliche Bandstraßen, die höheren Bereiche bevorzugt, weil bekanntlich mit zunehmender Temperatur die Warmverformbarkeit der Stähle verbessert wird, so daß der Energieverbrauch der Walzmotoren mit steigender Walzanfangstemperatur verringert werden kann, und weil auch -trotz des unvermeidlichen Temperaturabfalles vom Vorgerüst bis zum letzten Fertiggerüst -die Walzendtemperatur noch oberhalb der Gefügeumwandlungstemperatur  $A_3$  liegt. Es wird als vorteilhaft angesehen, daß auch das letzte Gerüst der Fertigstaffel oberhalb  $A_3$  durchlaufen wird. Die DE-OS 31 38 302, Anspruch 1, beschreibt ein Verfahren zur Herstellung von "kaltgewalztem Bandstahl hoher Festigkeit". Dabei wird auch eine Erwärmung der Stahlbrammen auf höchstens 1 200° C bzw. in den Bereich 1 200 bis 1 000° C vorgeschlagen. Die angestrebten Dehngrenzen liegen, wie Tab. 2 belegt, über 20 kp/mm<sup>2</sup>. Hinweise auf die erfindungsgemäß herzustellenden, völlig anders zusammengesetzten Stähle, deren Umformverhalten und niedrigen Dehngrenzen sind dieser Druckschrift nicht zu entnehmen. Die Ansprüche 1 und 5 nennen die erfindungsgemäßen Ober- bzw. Untergrenzen der Brammenvorwärmtemperatur.

Anspruch 6 legt (gegenüber dem Stand der Technik) abgesenkte Walzendtemperaturen fest. Die Auswirkung dieser Maßnahme ist in Fig. 1 anhand von Balkendiagrammen erläutert. Stahl 1 hat folgende Zusammensetzung (Masseprozent):

C 0,02%

Si 0,01%

Mn 0,2%

P 0,008%

S 0,012%

Al 0,04%

N 0,003%

Dieser Al-beruhigte Stahl weist einen geringen Legierungsgehalt auf und gehört nicht in die Gruppe der "mikrolegierten Stähle". Er wurde als Bramme nach dem Stand der Technik bei 1 270° C vorgewärmt und in herkömmlicher Weise warm mit einer Endtemperatur von 920° C und kalt ausgewalzt. Die wichtigsten fünf Werkstoffkennzahlen sind am linken Rande der Diagramme graphisch aufgezeichnet. Die Dehngrenze ist für hohe Ansprüche der Kaltumformung noch ausreichend; die

Bruchdehnung genügt mit 40% nur knapp für sehr anspruchsvolle Verwendungszwecke. Ähnliches gilt für den Verfestigungskoeffizienten. In der rechten Hälfte der entsprechenden Felder sind die gleichen Kennwerte bei erfindungsgemäßer Herstellung des Kaltbandes dargestellt. Die Bramme wurde zunächst auf die niedrigste in Anspruch 5 genannte Temperaturspanne vorgewärmt und dann das Band, wie dem Fachmann geläufig ist, zwischen Vor- und Fertigstaffel gekühlt, so daß das Band aus dem letzten Fertiggerüst mit 800° C austrat. Die prozentuale Dickenabnahme des Bandes nach Durchlaufen der Umwandlungstemperatur erreichte noch 40%. Aus diesem Warmband hergestelltes Kaltband erreichte trotz des geringen Legierungsaufwandes so günstige Werte von Dehngrenze, Bruchdehnung und Verfestigungsexponent, daß diese Erzeugnisse auch für anspruchsvollste Verwendungszwecke unter Einsatz von Streckziehen und dreidimensionalem Abkanten eingesetzt werden können. Allerdings ist der Kennwert der senkrechten Anisotropie  $r_m$  mit 1,3 nicht ausreichend für die Herstellung komplizierter Tiefziehteile.

Anspruch 7 legt für das Warmwalzverfahren fest, daß der gesamte Walzvorgang beendet wird - (also das letzte Fertiggerüst durchlaufen wird), ehe das Walzgut unter den  $A_3$ -Punkt erkaltet. Dabei handelt es sich um erfindungsgemäße Stähle; für Beispiel 2 ist der gleiche legierungsarme Stahl verwandt, der auch nach Beispiel 1 hergestellt und anschließend untersucht wurde. Für Beispiel 3 lautet die (erfindungsgemäße) Analyse in Masseprozent:

35 C 0,005%

Si 0,01%

Mn 0,18%

40

P 0,006%

S 0,014%

45

Al 0,03%

N 0,004%

Ti 0,09%

50

Dieser Stahl wurde im Stahlwerk aufwendiger hergestellt, und zwar vakuumentkohlt und zudem mit Ti legiert.

Wie Fig. 1 in den entsprechenden Spalten belegt, zeigt sich bei Beispiel 2, daß die linken Balken, die den Stand der Technik darstellen, mit einer Brammenvorwärmtemperatur von 1 270 und einer Walzendtemperatur von 920° C keine Kennzahlen für höchste Kaltumformbarkeit aufweisen:

Die Dehngrenze mit 190 N/mm<sup>2</sup>, die Bruchdehnung mit 40% und der Verfestigungsexponent mit 0,22 sind noch nicht optimal. Wesentlich günstiger sind die Werte des erfindungsgemäß hergestellten Bandes: trotz seiner knappen Legierung: niedrigere Dehngrenze mit 160 N/mm<sup>2</sup>; deutlich angehobene Bruchdehnung und besserer Verfestigungsexponent als Folge der niedrigen Brammenvorwärmtemperatur und der Walztemperatur mit 920 ° C.

Ebenso sind die im Beispiel 3 dargestellten Werkstoffkennwerte bei dem Herstellverfahren nach dem Stand der Technik weniger günstig; dagegen werden sie nach dem erfindungsgemäßen Herstellverfahren deutlich verbessert.

Anspruch 8 hat die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens unter Einsatz der an sich bekannten kontinuierlichen Banddurchziehöfen zum Inhalt.

Ansprüche 9 und 10 betreffen die Verbindung des erfindungsgemäßen Herstellverfahrens mit einer an sich bekannten Überalterungsbehandlung bzw. mit dem Aufbringen eines metallischen Schutzüberzuges im Schmelzfluß.

Wie aus den vorstehenden Ausführungen und den Beispielen ersichtlich, führt die erfindungsgemäße Kombination der genannten Verfahrensschritte dahin, daß mit verbesserter Produktivität kaltgewalzte Bandstähle zuverlässiger und mit für bestimmte Verwendungszwecke gezielt verbesserter Kaltumformbarkeit hergestellt werden können.

Gegenüber dem erhöhten Energiebedarf beim Warmwalzen überwiegen die Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens. Es seien hierfür nur einige Beispiele genannt:

-kürzere Durchsatzzeiten und damit erhöhte Leistung der Ofenanlage für die Brammenvorwärmung

-geringere Verzunderung, also höheres Gewichtsausbringen

-gezielte Kombination der Werkstoffkennwerte für unterschiedliche Kaltumformverfahren

gesteigerter Einsatz von leistungssteigernden kontinuierlichen Verfahrensschritten sämtlicher Arbeitsgänge

#### Ansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines alterungsbeständigen Bandstahles mit hoher Kaltumformbarkeit durch Warmbandwalzen, Kaltwalzen, rekristallisierendes Glühen und nachfolgendes Dressieren, dadurch gekennzeichnet, daß Stähle (Angaben in Masseprozenten) mit

max. 0,06% C

max. 0,10% Si

5 max. 0,40% Mn

max. 0,03% P

10 max. 0,03% S

max. 0,01% N

mindestens einem der fünf Elemente aus nachfolgender Gruppe

15

0 -0,10% Al,

0 -0,006% B

20

0 -0,20% Ti

0 -0,20 Nb

25

0 -0,20% V

erschmelzungsbedingten Verunreinigungen,

Rest Eisen

30

zu Brammen vergossen, vor dem Warmwalzen auf Temperaturen bis höchstens 1 200° C erwärmt, ausgewalzt, gehaspelt und anschließend rekristallisierend auf Dehngrenzen von höchstens 200 N/mm<sup>2</sup> geglüht werden.

35

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Stähle max. 0,05% Si enthalten.

40

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Stähle max. 0,006% N enthalten.

45

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eines der Elemente aus der Gruppe Al, B, Ti, Nb und V mit einem Mindestgehalt von 1/10 der in Anspruch 1 genannten Obergrenzen enthalten ist.

50

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Stahl vor dem Warmwalzen auf eine Temperatur von höchstens 1 150° C, insbesondere von höchstens 1 100° C, jedoch über 1 000° C erwärmt wird.

55

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Stahl bei einer Temperatur unterhalb A<sub>3</sub> fertig warmgewalzt wird, wobei die Dickenabnahme unterhalb A<sub>3</sub> mindestens 35% der Dicke bei Durchlaufen von A<sub>3</sub> beträgt.

7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Warmwalzung bei einer Temperatur oberhalb  $A_3$  fertig abgeschlossen wird.

8. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Stahl nach dem Kaltwalzen in einem kontinuierlichen Banddurchziehofen rekristallisierend geglüht wird.

9. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Stahl einer kurzzeitigen

Überalterungsbehandlung, bestehend aus Anlassen im Bereich zwischen ca. 250 und 450° C vor dem Dressieren unterzogen wird.

10. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der kaltgewalzte Stahl kontinuierlich geglüht und anschließend, insbesondere unmittelbar anschließend, im Schmelzfluß mit einem metallischen Überzug versehen wird.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

6

Beispiel

