



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 352 597 B1**

12

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

- 49 Veröffentlichungstag der Patentschrift: **22.06.94**      51 Int. Cl.<sup>5</sup>: **C21D 8/02, C22F 1/10**
- 21 Anmeldenummer: **89113109.6**
- 22 Anmeldetag: **18.07.89**

54 **Verfahren zur Erzeugung von Warmband oder Grobblechen.**

- 30 Priorität: **28.07.88 DE 3825634**
- 43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**31.01.90 Patentblatt 90/05**
- 45 Bekanntmachung des Hinweises auf die  
Patenterteilung:  
**22.06.94 Patentblatt 94/25**
- 84 Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE DE ES FR GB IT LU NL SE**
- 56 Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 0 144 694**  
**DE-A- 3 617 907**  
**FR-A- 2 549 491**  
**US-A- 4 360 391**
- 73 Patentinhaber: **Thyssen Stahl Aktiengesell-  
schaft**  
**Kaiser-Wilhelm-Strasse 100**  
**D-47166 Duisburg(DE)**
- 72 Erfinder: **Pircher, Hans, Dipl.-Ing. Dr.**  
**Eisenbornerweg 39**  
**D-4330 Mülheim(DE)**  
Erfinder: **Kawalla, Rudolf, Dipl.-Ing.**  
**Schwarzwaldstrasse 18**  
**D-4200 Oberhausen 12(DE)**

Erfinder: **Mahn, Jürgen, Dipl.-Ing.**  
**Wilhelmshof-Allee 6**  
**D-4150 Krefeld(DE)**  
Erfinder: **Wilms, Walter, Dipl.-Ing.**  
**Herrenwiese 18**  
**D-4100 Duisburg 11(DE)**  
Erfinder: **Wolpert, Waldemar, Dipl.-Ing.**  
**Heisterbusch 79**  
**D-4220 Dinslaken(DE)**  
Erfinder: **Die anderen Erfinder haben auf ihre**  
**Nennung verzichtet**

- 74 Vertreter: **Werner, Dietrich H., Dr.-Ing. et al**  
**Cohausz & Florack**  
**Patentanwälte**  
**Postfach 33 02 29**  
**D-40435 Düsseldorf (DE)**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

**EP 0 352 597 B1**

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Erzeugung von Warmband oder Grobblechen aus nichtrostenden und hitzebeständigen molybdänhaltigen Stählen oder aus molybdänhaltigen Knetlegierungen auf Nickelbasis mit einer Enddicke im Bereich von 5 bis 60 mm durch Herstellen einer Bramme aus Blockguß oder durch stranggießen, Durcherwärmen der Bramme bei einer Temperatur oberhalb von 1.100 °C, anschließendes Warmwalzen der Bramme und beschleunigtes Abkühlen des bis auf Enddicke gewalzten Erzeugnisses.

Ein Verfahren gemäß Oberbegriff des Anspruches 1 zur Herstellung von austenitischen rostfreien Stahlplatten mit hoher Korrosionsfestigkeit und hoher mechanischer Festigkeit sowohl bei Umgebungstemperatur als auch bei hohen Temperaturen ist aus der DE-OS 36 17 907 bekannt. Dabei ist dieser Druckschrift zum Stand der Technik zu entnehmen, daß die Stahlplatten, d.h. Grobbleche aus nichtrostenden austenitischen Stählen der in der Druckschrift angegebenen Zusammensetzung nach dem Vor- und Fertigwalzen und der anschließenden Abkühlung an Luft bis auf Raumtemperatur üblicherweise einer nachfolgenden Wärmebehandlung bzw. Lösungsglühung unterworfen werden müssen. Diese wird durchgeführt, damit die durch die Verformung bedingte Verfestigung abgebaut wird und Ausscheidungen intermetallischer oder karbidischer Phasen wieder aufgelöst werden, welche die Korrosionsbeständigkeit des Erzeugnisses negativ beeinträchtigen. Um dieses Ziel zu erreichen, muß die nachfolgende Lösungsglühung im allgemeinen bei Temperaturen von mehr als 1.000 °C und entsprechend langen Haltezeiten erfolgen, die ausreichend sind, um die Ausscheidungen wieder in Lösung zu bringen. Dabei wird gleichzeitig infolge von Erholung und Rekristallisation die verformungsbedingte Verfestigung abgebaut. Demgemäß besitzen die nach diesem herkömmlichen Verfahren hergestellten rostfreien Stahlplatten bzw. Grobbleche im lösungsgeglühten Zustand bezüglich ihrer mechanischen Eigenschaften wie z.B. Festigkeit und Zähigkeit sowie Korrosionsbeständigkeit ein Eigenschaftsprofil, für das eine geringe mechanische Festigkeit kennzeichnend ist.

Die dem Vor- und Fertigwalzen und der anschließenden Abkühlung an Luft bis auf Raumtemperatur nachfolgende Lösungsglühung bedeutet jedoch aufgrund der Wiedererwärmung des bereits fertiggewalzten Erzeugnisses auf mehr als 1.000 °C und der erforderlichen Haltezeiten hohe Produktionskosten und längere Fertigungszeiten. Ferner ist mit diesem nachträglichen Glühprozeß in der Regel eine zusätzliche Verzunderung des Erzeugnisses verbunden, wodurch sich seine Oberflächenqualität verschlechtern kann. In der Regel bedeutet dies einen weiteren Mehraufwand für das erforderliche abschließende Endzndern des fertiggewalzten Erzeugnisses.

U.a. von diesen Nachteilen ausgehend, liegt dem in der DE-OS 36 17 907 beschriebenen und beanspruchten Patentbegehren die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung von austenitischen rostfreien Stahlplatten zu schaffen, die eine bessere Korrosionsfestigkeit und Streckfestigkeit sowohl bei Umgebungstemperaturen als auch bei höheren Temperaturen aufweisen, ohne die Notwendigkeit, einen nachgeordneten Wärmofen benutzen zu müssen, wie er beim herkömmlichen Verfahren für die nachfolgende Lösungsglühung erforderlich ist.

Als Lösung dieser Aufgabe wird vorgeschlagen, die Bramme aus einer austenitischen rostfreien Stahlsorte, die üblicherweise ein nachfolgendes Lösungsglühen erforderlich macht und aus der die Stahlplatte hergestellt werden soll, zunächst auf eine Temperatur von mehr als 1.000 °C zu erhitzen. Anschließend erfolgt das Warmwalzen der durcherwärmten Bramme im Rekristallisationsbereich des Austenits und vorzugsweise auch im NichtRekristallisationsbereich mit einer Fertigwalztemperatur von mehr als 800 °C. Dabei ist das Fertigwalzen im Nicht-Rekristallisationsbereich unerläßlich, um eine höhere mechanische Festigkeit zu erzielen. Unmittelbar nach dem Fertigwalzen bis auf Enddicke erfolgt eine beschleunigte Abkühlung mit einer mittleren Abkühlgeschwindigkeit von mehr als 2 K/s auf eine Temperatur von mindestens 550 °C. Sofern diese Walz- und Abkühlbedingungen eingehalten werden, ist die sich üblicherweise daran anschließende, nachfolgende Lösungsglühung nicht mehr erforderlich.

Wie die Ausführungsbeispiele zeigen, insbesondere im Vergleich mit fertiggewalzten Stahlplatten aus den gleichen austenitischen rostfreien Stahlsorten, mit der gleichen Enddicke, jedoch im lösungsgeglühten Zustand, besitzt das nach diesem Verfahren hergestellte Erzeugnis eine wesentlich bessere mechanische und eine vergleichbare Korrosionsfestigkeit. Eine höhere Festigkeit wird insbesondere dann erzielt, wenn das Warmwalzen auch im Nicht-Rekristallisationsbereich erfolgt. Im einzelnen ist den Ausführungsbeispielen zu entnehmen, daß bei diesem vorbekannten Verfahren bei einer Enddicke des Erzeugnisses von 20 mm die Erwärmungs- und Durcherwärmungstemperatur für die Bramme vorzugsweise im Bereich von 1.100 bis 1.200 °C liegt, die Fertigwalztemperatur einen Wert in dem Bereich von 900 bis 970 °C annimmt, d.h. in jedem Falle weniger als 1.000 °C beträgt und unmittelbar nach dem Fertigwalzen mit einem Temperaturverlust von nur etwa 10 °C die beschleunigte Abkühlung beginnt, und zwar auf einen Wert von 500 °C,

vorzugsweise 300 °C, insbesondere bis auf Raumtemperatur. Nur bei einer Enddicke des Erzeugnisses bzw. Grobbleches von 40 mm, insbesondere 100 mm, ergibt sich eine Fertigwalztemperatur von mehr als 1.000 °C.

Sollen nun Warmband oder Grobbleche aus nichtrostenden und hitzebeständigen Stählen oder aus Knetlegierungen auf Nickelbasis mit der in Tabelle 1 angegebenen Zusammensetzung hergestellt werden, jedoch mit einem Eigenschaftsprofil, das dem Eigenschaftsprofil des gleichen Erzeugnisses im lösungsgeglühten Zustand entspricht, so ist dieses vorbekannte Verfahren für die Herstellung von Grobblechen, insbesondere von Warmband, aus den folgenden Gründen nicht geeignet:

Werden Grobbleche mit einer Enddicke von weniger als 60 mm nach diesem Verfahren warm vor- und fertiggewalzt, so sinkt die Fertigwalztemperatur so stark ab, daß ein z.B. bezüglich Festigkeit, Zähigkeit und Korrosionsbeständigkeit mit Grobblechen im lösungsgeglühten Zustand vergleichbares Eigenschaftsprofil nicht eingestellt werden kann. Vielmehr erhält man nach dem aus der DE-OS 36 17 907 bekannten Verfahren grundsätzlich eine höhere mechanische Festigkeit. Ist dies jedoch im Hinblick auf die Verarbeitungs- und Gebrauchseigenschaften der Grobbleche nicht erwünscht, so müssen die fertiggewalzten Bleche anschließend einer nachfolgenden Lösungsglühung unterworfen werden, sofern sie eine Enddicke von weniger als 60 mm, insbesondere von weniger als 40 mm, besitzen.

Das gleiche gilt auch für die Herstellung von Warmband, das aufgrund der durch die geringe Banddicke insbesondere während der Fertigwalzphase auftretenden hohen Temperaturverluste nach dem Fertigwalzen einer Lösungsglühung unterworfen werden muß. Darüber hinaus schränkt diese Wärmebehandlung, die in der Regel in einem Durchlaufofen mit einer nachgeordneten Beizlinie durchgeführt wird, die Herstellung von Warmband bis zu einer maximalen Enddicke von etwa 10 mm ein, obwohl es grundsätzlich möglich ist, auch Warmband mit einer Enddicke in der Größenordnung von ca. 20 mm warm fertigzuwalzen.

Sollen daher das Warmband und die Grobbleche ein Eigenschaftsprofil wie im lösungsgeglühten Zustand besitzen, so ist nach wie vor eine Wärmebehandlung bzw. Lösungsglühung unabdingbar, um die verformungsbedingte Verfestigung abzubauen und Ausscheidungen wieder aufzulösen. Aus den genannten Gründen sind davon primär Warmband und Grobbleche mit einer Enddicke von weniger als 60 mm betroffen, insbesondere solche mit einer Dicke im Bereich zwischen 8 und 40 mm. Ist demnach eine Erhöhung der Festigkeitseigenschaften nicht erwünscht, so können mit dem aus der DE-OS 36 17 907 bekannten Verfahren ohne nachfolgende Lösungsglühung ausschließlich Grobbleche sicher hergestellt werden, die eine Enddicke von mehr als 60 mm besitzen, in der Praxis jedoch nur selten gebraucht werden. Andererseits ist bisher nur die Herstellung von Warmband mit einer Enddicke von weniger als etwa 8 bzw. 10 mm problemlos möglich, das allerdings nach dem Fertigwalzen in jedem Falle lösungsgeglüht werden muß.

Bei der Herstellung von Warmband und Grobblechen aus nichtrostenden und hitzebeständigen Stählen oder aus Knetlegierungen auf Nickelbasis gemäß Tabelle 1 ist es jedoch in immer stärkerem Maße erforderlich, diese Erzeugnisse über einen möglichst großen Bereich, d.h. auch mit einer Dicke im Bereich von 5 bis 60 mm, vorzugsweise 8 bis 40 mm, nach einem einheitlichen Verfahren herzustellen.

Diesbezüglich ist aus der EP-OS 0 144 694 ein modifiziertes Verfahren zur Herstellung von flachem, band- oder plattenförmigem Halbzeug z.B. mit einem Endquerschnitt von 15 mm x 40 mm aus einem rostfreien austenitischen oder martensitischen Stahl bekannt, das jedoch eine Lösungsglühung vorsieht. Bei diesem Verfahren wird das Werkstück aus dem rostfreien Stahl mit der in der Druckschrift angegebenen Zusammensetzung zunächst auf eine hohe Temperatur in der Größenordnung von 1.200 °C erwärmt und bei dieser Temperatur durcherwärmt. Anschließend wird es bei einer Temperatur im Bereich von 1.000 bis 1.100 °C warm in der Weise vor- und fertiggewalzt, daß durch eine genügend hohe Verformung während des Walzprozesses eine vollständige Rekristallisation des Walzgutes gewährleistet ist. Nach dem Fertigwalzen bis auf Enddicke erfolgen eine Lösungsglühung und ein sich daran anschließendes Abschrecken des Halbzeuges in Wasser aus diesem Temperaturbereich bis auf nahezu Raumtemperatur. Wesentliches Merkmal dieses Verfahrens ist es, daß die sich an den Walzprozeß unmittelbar anschließende Lösungsglühung in einer Hitze nach dem bzw. den letzten Walzstichen durchgeführt und das Werkstück im Anschluß daran ohne weitere Zusatzbehandlung von der Lösungsglühtemperatur direkt in Wasser abgeschreckt wird.

Da im Regelfall die Fertigwalztemperatur für ein unmittelbares Abschrecken zu tief liegt, muß das nach diesem Verfahren hergestellte Werkstück nach dem Fertigwalzen zunächst wieder mittels einer Heizung erwärmt werden. Alternativ sieht dieses Verfahren eine Walzenheizung vor, mit der eine vorzeitige und zu starke Abkühlung des Werkstückes während des Walzens weitgehend unterbunden werden soll, um eine Wiedererwärmung des fertiggewalzten Werkstückes auf die erforderliche hohe Lösungsglüh- und Abschrecktemperatur von mehr als 1.000 °C zu vermeiden. Jedoch auch diese zusätzliche Heizung für die Wiedererwärmung des fertiggewalzten Erzeugnisses und insbesondere die vorgeschlagene Walzenheizung würden einen erheblichen Mehraufwand bei der bisher üblichen Herstellung von Warmband oder Grobble-

chen bedeuten.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, nach welchem Erzeugnisse in Form von Warmband oder Grobblechen mit der in Tabelle 1 angegebenen Zusammensetzung warmgewalzt werden und nach der beschleunigten Abkühlung beispielsweise bezüglich

5 Festigkeit, Zähigkeit und Korrosionsbeständigkeit ein Eigenschaftsprofil besitzen, das demjenigen von lösungsgeglühtem Warmband oder Grobblech entspricht.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe in Übereinstimmung mit den im kennzeichnenden Teil des Anspruches 1 angegebenen Maßnahmen wie folgt gelöst:

10 Zunächst werden als Ausgangsprodukt Brammen aus Blockguß oder durch Stranggießen aus nichtrostenden und hitzebeständigen Stählen oder aus Knetlegierungen auf Nickelbasis mit der in Tabelle 1 angegebenen Zusammensetzung hergestellt und vor dem Warmwalzen bei einer Temperatur von mehr als 1.100 °C durcherwärmt. Unmittelbar im Anschluß daran beginnt die Vorwalzphase des Warmwalzens der durcherwärmten Brammen ohne Unterbrechungen zunächst bis auf nicht dünner als 1/6 ihrer Ausgangsdicke, d.h. die Brammen werden mit möglichst geringen Pausenzeiten zwischen den einzelnen Verformungsstichen im

15 Extremfall zunächst bis auf 1/6 ihrer Ausgangsdicke reduziert. Dabei erfolgt das Warmwalzen überwiegend mit Verformungsstichen, bei denen der Umformgrad pro Stich in Dickenrichtung größer ist als die in Abhängigkeit von der Oberflächentemperatur des Erzeugnisses durch die Kurve A in Figur 1 angegebenen Umformgrade. Der Umformgrad  $\phi$  ist definiert als

20  $\phi = \ln(h_{n-1}/h_n)$  mit

$h_n$  = Walzgutdicke nach dem n-ten Stich und

$h_{n-1}$  = Walzgutdicke nach dem (n-1)-ten Stich.

25 Indem mehr als 50 % der gewählten Verformungsstiche einen Umformgrad besitzen, der größer ist als die durch die Kurve A in Figur 1 angegebenen Umformgrade, bedeutet dies, daß das Warmwalzen wie bei dem aus der EP-OS 0 144 694 vorbekannten Verfahren überwiegend im Rekristallisationsbereich erfolgt, wodurch das infolge der hohen Temperatur sehr grobkörnige Ausgangsgefüge in dieser ersten Walzphase weitgehend homogen, frei von mikroskopischen Aufreißungen und feinkörnig wird.

30 Die Ausgangsdicke der Bramme bzw. Brammen liegt in der Regel in der Größenordnung von etwa 150 bis 250 mm. Sofern die durch Stranggießen hergestellten Brammen jedoch nur eine Dicke kleiner als etwa 50 mm oder weniger besitzen, kann erfindungsgemäß auch auf die Reduktion des Erzeugnisses in dieser ersten Walzphase verzichtet werden. Das Fertigwalzen bis auf Enddicke erfolgt dann gemäß Maßnahme ba) und bb) von Anspruch 1 erfindungsgemäß oberhalb einer Mindesttemperatur, die von dem Molybdängehalt des Erzeugnisses abhängig ist und die nicht unterschritten werden darf.

35 Für das erfindungsgemäße Fertigwalzen bis auf Enddicke ist es im Unterschied zur gängigen und in den beiden vorgenannten Druckschriften beschriebenen Praxis erfindungswesentlich, daß nicht nur im Rekristallisationsbereich, d.h. mit Verformungsstichen mit Umformgraden gemäß Kurve A in Figur 1 und größer, gewalzt wird, sondern daß die Umformgrade der überwiegenden Anzahl der gewählten Verformungsstiche größer sein müssen, als die in Abhängigkeit von der Oberflächentemperatur des Erzeugnisses

40 und der Pausenzeit zwischen zwei benachbarten Verformungsstichen als Parameter durch die Kurve B1 oder B2 in Figur 1 angegebenen Umformgrade. Dabei gilt die Kurve B1 für eine Pausenzeit zwischen zwei benachbarten Stichen von weniger als 10 s (vorzugsweise Warmband) und die Kurve B2 für eine Pausenzeit zwischen zwei benachbarten Stichen von mehr als 10 s (vorzugsweise Grobblech).

Durch Anwendung dieser erfindungsgemäß vorgegebenen Umformgrade wird primär erreicht, daß das

45 Gefüge während des Fertigwalzens homogen und feinkörnig rekristallisiert und die verformungsbedingte Verfestigung abgebaut wird, ohne daß es einer nachträglichen Wärmebehandlung zur Rekristallisation vor der beschleunigten Abkühlung des Erzeugnisses bedarf, wie es bei dem aus der EP-OS 0 144 694 vorbekannten Verfahren vorgesehen ist. Darüber hinaus werden durch diese Maßnahme durch Leitung und Strahlung auftretende Wärmeverluste weitgehend ausgeglichen.

50 Ist das Warmband oder Grobblech oberhalb der gemäß Maßnahmen bb) im Anspruch 1 erfindungsgemäß vorgegebenen Mindesttemperatur bis auf Enddicke fertiggewalzt, so erfolgt ohne Lösungsglühen spätestens 100 s danach die beschleunigte Abkühlung mit einer Geschwindigkeit im Kern von mehr als 3 K/s, vorzugsweise mehr als 5 K/s, bis auf eine Temperatur gleich oder kleiner als 650 °C.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren können Warmband und Grobbleche aus den in Tabelle 1

55 angegebenen Stählen mit einer Enddicke im Bereich von 5 bis 60 mm und mit einem Eigenschaftsprofil hergestellt werden, das den mechanischen Eigenschaften und der Korrosionsbeständigkeit lösungsgeglühter Warmbänder und Grobbleche entspricht. Im Unterschied dazu besitzen die erfindungsgemäß hergestellten Bänder und Bleche jedoch ein gleichmäßigeres, insbesondere sehr feinkörniges und weitgehend

ausscheidungsfreies Gefüge, wodurch ihre Verarbeitungs- und Gebrauchseigenschaften verbessert sind. Insbesondere können nach dem erfindungsgemäßen Verfahren nunmehr auch dünne Bänder und Bleche mit einer bevorzugten Enddicke im Bereich von 8 bis 40 mm unter Ausnutzung der Verformungsenergie ohne zusätzliche Wärmezufuhr während des Auswalzens bis auf Enddicke in der Weise warmgewalzt werden, daß eine nachfolgende Lösungsglühung nicht mehr erforderlich ist.

Die Eigenschaften der nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Bänder und Bleche können weiter verbessert und optimiert werden, indem das Warmwalzen und die anschließende beschleunigte Abkühlung nach den in den Unteransprüchen 2 bis 6 angegebenen Maßnahmen erfolgt. Dabei bezieht sich das Verfahren gemäß Anspruch 3 auf die Herstellung von Warmband und das Verfahren gemäß Anspruch 4 auf die Herstellung von Grobblechen. Besitzen gleichzeitig alle Verformungsstiche der Vorwalzphase gemäß Anspruch 2 einem Umformgrad, der größer ist, als die durch die Kurve A in Figur 1 angegebenen Umformgrade, so lassen sich Warmband und Grobbleche z.B. bezüglich Festigkeit, Zähigkeit und Korrosionsbeständigkeit mit optimalen Werten herstellen.

Vorzugsweise kann das erfindungsgemäße Verfahren auf die Herstellung von Warmband und Grobblechen aus nichtrostenden und hitzebeständigen Stählen mit einer Analyse nach den Ansprüchen 7 bis 10 und 13 bis 16 sowie aus einer Nickelbasis-Knetlegierung mit der in den Ansprüchen 11 und 12 angegebenen Zusammensetzung angewendet werden. Wird das Verfahren vorzugsweise auf nichtrostende und hitzebeständige austenitische Stähle mit der Zusammensetzung nach den Ansprüchen 15 und 16 angewendet, so erhält man Warmband und/oder Grobbleche mit einer hohen Zähigkeit und erhöhten Korrosionsbeständigkeit, die nachträglich als Fertigprodukt eine gute Verarbeitbarkeit bezüglich Warmumformung, Kaltumformung und Schweißen besitzen.

Bei Anwendung der erfindungsgemäßen Maßnahmen auf nichtrostende austenitische Stähle mit der in Anspruch 16 angegebenen Zusammensetzung, die während der Erstarrung Delta-Ferrit bilden, ist es bei entsprechend hohen Anforderungen an die Korrosionsbeständigkeit von Vorteil, wenn diese Stähle legierungstechnisch auf Gehalte an Delta-Ferrit unter 10 %, vorzugsweise unter 5 %, eingestellt werden. Dies kann erfindungsgemäß durch ein Absenken der Gehalte an ferritbildenden Elementen, vorzugsweise jedoch durch - mit Ausnahme von Kohlenstoff - ein Anheben der Gehalte an austenitbildenden Legierungselementen einzeln oder zu mehreren erfolgen. Dabei gilt gemäß Tabelle 3:

$$DF [\%] = (2.9004 \cdot Cr_{aq} - 2.084 \cdot Ni_{aq}) - 25.62, \text{ mit}$$

$$Cr_{aq} = Cr + Mo + 1.5 \cdot Si + 0.5 \cdot Nb + 4 \cdot Ti + 3 \cdot Al \text{ und}$$

$$Ni_{aq} = Ni + 0.5 \cdot Mn + 30 \cdot (C + N) + 0.5 \cdot Cu.$$

Im folgenden wird die Erfindung anhand einzelner Ausführungsbeispiele näher erläutert:

In Tabelle 1 ist die Zusammensetzung derjenigen nichtrostenden und hitzebeständigen Stähle sowie Knetlegierungen auf Nickelbasis angegeben, aus denen sich Warmband und Grobbleche nach dem erfindungsgemäßen Verfahren herstellen lassen. Von diesen Legierungen wurden die in Tabelle 3 angegebenen fünf verschiedenen Legierungen ausgewählt, aus denen nach dem erfindungsgemäßen Verfahren Warmband mit einer Enddicke von 10 und 15 mm sowie Grobbleche mit einer Enddicke im Bereich von 10 bis 40 mm hergestellt wurden. Es handelt sich dabei um zwei nichtrostende austenitische Stähle mit einem Molybdängehalt von weniger als 1,0 %, um zwei weitere nichtrostende austenitische Stähle mit einem Molybdängehalt von mehr als 1,0 % sowie um eine Nickelbasislegierung mit der in Tabelle 3 angegebenen Zusammensetzung.

Aus diesen fünf verschiedenen Legierungen wurden zunächst Vorbrammen mit einer Dicke im Bereich von 170 bis 265 mm hergestellt und anschließend auf eine Temperatur von mehr als 1.100 °C erhitzt sowie bei dieser Temperatur durcherwärmt. Anschließend wurden das Warmband und die Grobbleche aus diesen durcherwärmten Brammen nach dem erfindungsgemäßen Verfahren zunächst in einer Vorwalzphase und dann in einer sich daran anschließenden Fertigwalzphase bis auf Enddicke warm ausgewalzt, bevor das fertiggewalzte Erzeugnis mit einer Geschwindigkeit von mehr als 3 K/s auf eine Temperatur von weniger als 650 °C beschleunigt abgekühlt wurde. Dabei erfolgte die Wahl der Umformgrade pro Stich sowohl in der Vorwalzphase als auch in der Fertigwalzphase nach der in Tabelle 2 angegebenen und in Figur 1 dargestellten erfindungsgemäßen Abhängigkeit des Umformgrades von der Umform- bzw. Walzgutoberflächentemperatur. Im einzelnen sind die Warmwalz- und Abkühlbedingungen, nach denen die in Tabelle 3 angegebenen fünf verschiedenen Legierungen zu Warmband (W) und Grobbleche bis auf Enddicke ausgewalzt wurden, in Tabelle 4 angegeben. Ebenfalls angegeben sind die entsprechenden Bedingungen von nicht erfindungsgemäß hergestelltem Warmband und Grobblech. In Tabelle 5 werden die erzielten Ergebnisse von erfindungsgemäß hergestelltem, von nicht erfindungsgemäß hergestelltem und lösungsgelühtem Warmband und Grobblech miteinander verglichen.

Werden Warmband und Grobbleche mit der in Tabelle 3 angegebenen Zusammensetzung nach dem erfindungsgemäßen Verfahren gemäß Anspruch 1 warm vor- und fertiggewalzt und anschließend spätestens 100 s nach dem Fertigwalzen beschleunigt abgekühlt, so weisen diese Bänder und Bleche gemäß Tabelle 5 eine Streckgrenze und Zugfestigkeit auf, die mit den entsprechenden Größen lösungsgeglühter Bänder und Bleche vergleichbar sind. Wie die entsprechende Spalte in Tabelle 5 zeigt, besitzen die erfindungsgemäß hergestellten Bänder und Bleche ein verbessertes gleichmäßigeres, feinkörniges und weitgehend ausscheidungsfreies Gefüge, was sich positiv auf die Verarbeitungs- und Gebrauchseigenschaften dieser Bänder und Bleche auswirkt. Auch die Dehnung und die Kerbschlagzähigkeit sind mit den entsprechenden Werten der Erzeugnisse im lösungsgeglühten Zustand vergleichbar und liegen in allen Fällen in einem engen Streubereich.

Wie insbesondere die in Tabelle 5 ebenfalls angegebenen nicht erfindungsgemäßen Vergleichsbeispiele zeigen führen diese zu Erzeugnissen mit höheren Festigkeitswerten, insbesondere höherer Streckgrenze, niedrigerer Dehnung mit Oberflächenrissen und mit einem grobkörnigeren Mischgefüge sofern die erfindungsgemäßen Maßnahmen aa) (Vorwalzphase), ab) (Fertigwalzphase), ac) (Endwalztemperatur) und b) (beschleunigte Abkühlung) einzeln oder in Kombination nicht eingehalten werden. Diesbezüglich ergibt sich im einzelnen folgendes:

Wie insbesondere die Vergleichsbeispiele 1.7 und 3.6 zeigen, kann ein Warmwalzen in der Vorwalzphase mit Umformgraden der Verformungsstiche, die überwiegend bzw. in der Mehrzahl kleiner sind, als die durch die Kurve A in Figur 1 angegebenen Umformgrade, zu schädlichen Oberflächenrissen an dem Erzeugnis führen. Schon aus diesen Grund sind die erhaltenen Bänder und Bleche nicht brauchbar. Auch können die gewünschten Werte für die Streckgrenze, Zugfestigkeit und Dehnung in diesen Fällen nicht eingestellt werden. Diesbezüglich besitzt das Erzeugnis mechanische Eigenschaften, die von dem Eigenschaftsprofil des Erzeugnisses im lösungsgeglühten Zustand abweichen.

Ein Warmwalzen im Rekristallisationsbereich und bei hohen Temperaturen, wie es aus der EP-OS 0 144 694 bereits bekannt ist, reicht andererseits nicht aus, um die für das Warmband und die Grobbleche gewünschten Eigenschaften einzustellen. Wie die Vergleichsbeispiele 1.8, 3.8 und 4.8 in Tabelle 4 und die zugehörigen Werte für die Streckgrenze, Zugfestigkeit, Dehnung und Kerbschlagzähigkeit in Tabelle 5 zeigen - in diesen Fällen ist die erfindungsgemäße Maßnahme a) erfüllt -, werden insbesondere eine wesentlich höhere Streckgrenze und eine niedrigere Dehnung eingestellt, sofern die erfindungsgemäße Warmwalzbedingung gemäß dem Merkmal ba) im Anspruch 1 nicht erfüllt wird. Es kommt demnach nicht nur darauf an, daß die Erzeugnisse im Rekristallisationsbereich, d.h. mit Umformgraden warmgewalzt werden, die größer sind, als die durch die Kurve A in Figur 1 angegebenen Umformgrade, sondern es müssen insbesondere in der Fertigwalzphase auch die erfindungsgemäßen Maßnahmen ba) und (bb) des Anspruches 1 erfüllt sein.

Wie sich aus den Tabellen 4 und 5 des weiteren ergibt, kann ein im Vergleich zum lösungsgeglühten Zustand verbessertes homogenes und feinkörniges Gefüge dann eingestellt werden, sofern die Warmwalzbedingungen in der Fertigwalzphase für Warmband nach den Unteransprüchen 2 und 3 und für Grobbleche nach den Unteransprüchen 2 und 4 eingestellt werden. Erfüllen andererseits die Warmwalzbedingungen in der Fertigwalzphase neben der Maßnahme bb) nur das Merkmal ba) gemäß Anspruch 1, so wird in der Regel zwar ebenfalls ein überwiegend feinkörniges Gefüge erzielt, das jedoch zu einem geringen Anteil auch Grobkorn besitzt. Auch in diesen Fällen besitzen die erfindungsgemäß hergestellten Warmbänder und Grobbleche bezüglich ihrer mechanischen Eigenschaften und Korrosionsbeständigkeit mit den Erzeugnissen im lösungsgeglühten Zustand vergleichbare Werte.

Insgesamt zeigen die erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiele und die Vergleichsbeispiele in den Tabellen 4 und 5, daß Warmband und Grobbleche aus nichtrostenden und hitzebeständigen Stählen oder aus Knetlegierungen auf Nickelbasis mit der in Tabelle 1 angegebenen Zusammensetzung mit einer Enddicke im Bereich von 5 bis 60 mm, vorzugsweise im Bereich von 8 bis 40 mm, nach dem erfindungsgemäßen Verfahren mit einem Eigenschaftsprofil hergestellt werden können, das dem Eigenschaftsprofil der entsprechenden Bänder und Bleche im lösungsgeglühten Zustand entspricht. Dabei besitzen die erfindungsgemäß hergestellten Bänder und Bleche in vorteilhafter Weise ein homogenes und feinkörniges sowie weitgehend ausscheidungsfreies Gefüge, wodurch ihre Verarbeitungs- und Gebrauchseigenschaften weiter verbessert werden. Des weiteren ist es durch das erfindungsgemäße Verfahren nunmehr möglich, insbesondere Warmband mit einer Enddicke größer von etwa 5 mm in einfacher und kostengünstiger Weise durch ein gesteuertes Warmwalzen mit anschließender beschleunigter Abkühlung ohne die Notwendigkeit einer nachfolgenden Lösungsglühung herzustellen.

EP 0 352 597 B1

Tabelle 1

5	Nichtrostende und hitzebeständige Stähle			Knetlegierungen auf Ni-Basis
	ferritisch und martensitisch	austenitisch/ferritisch	austenitisch	
10	Legierungselement			
15	Legierungsgehalte in Massen %			
Kohlenstoff	≤ 0,35	≤ 0,05	≤ 0,15	≤ 0,1
Mangan	≤ 2,5	≤ 10,0	≤ 20,0	≤ 4,0
Silizium	≤ 1,5	≤ 1,5	≤ 4,0	≤ 4,0
Nickel	≤ 3,0	4 - 7	≤ 35	(Rest Ni)
Chrom	6 - 30,0	10 - 30,0	10 - 30,0	10 - 30
Molybdän	≤ 3,0	≤ 5,0	≤ 7,0	≤ 10
15 Titan	≤ 1,5	≤ 1,5	≤ 1,5	≤ 1,5
Tantal und/oder Niob	≤ 1,5	≤ 1,5	≤ 1,5	≤ 1,5
Kupfer		≤ 5,0	≤ 5,0	≤ 5,0
Aluminium	≤ 1,5	≤ 0,5	≤ 1,0	≤ 0,5
Stickstoff	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5
20 Sonstige	V ≤ 0,5 S ≤ 0,5 (Rest Fe)	(Rest Fe)	V ≤ 1,0 S ≤ 0,3 (Rest Fe)	Fe ≤ 45

Tabelle 2

30	Umformtemperatur $T_U$ (Walzgutoberfläche) °C	Kritischer Umformgrad $\phi^*$		
		Vorwalzphase	Fertigwalzphase	
		Kurve A	Kurve B <sub>1</sub> **	Kurve B <sub>2</sub> ***
35	1200	0.046	(0.061)	(0.083)
	1150	0.066	0.085	0.127
	1100	0.094	0.116	0.178
	1050	0.137	0.163	0.238
	1030	0.163	0.191	0.269
	1000	0.196	0.227	0.305
40	980	0.223	0.254	0.332

\* = Die Einzelwerte wurden auf 0.001 gerundet.

\*\* = für Pausenzeiten kleiner 10 sec.

\*\*\* = für Pausenzeiten größer 10 sec.

Tabelle 3

Lfd.- Nr.	Werkstoff nach DIN	Chemische Zusammensetzung in Massen %											Delta-Ferrit DF (%) nach*
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	N	Al	Ti	
1	1.4301	0.035	0.34	1.45	0.023	0.003	18.0	0.20	8.7	0.057			3.3
2	1.4541	0.048	0.51	1.50	0.026	0.003	17.2	0.50	9.1			0.46	9.7
3	1.4404	0.027	0.29	1.58	0.026	0.008	16.7	2.16	11.1	0.044			1.1
4	1.4571	0.045	0.33	1.33	0.022	0.003	16.9	2.12	10.5			0.39	4.1
5	2.4858	0.013	0.32	0.79	0.015	0.003	20.7	2.85	39.25		0.10	0.80	-

$$DF (\%) = (Cr_{\text{aq}} - 2,9004 - Ni_{\text{aq}} - 2,084) - 25,62 \text{ mit}$$

$$Cr_{\text{aq}} = Cr + Mo + 1,5 Si + 0,5 Nb + 4 Ti + 3 Al$$

$$Ni_{\text{aq}} = Ni + 30 (C + N) + 0,5 Mn + 0,5 Cu$$

Tabelle 4

Stahl (DIN-Nr.)	Erzeugnis Nr.	Vorbram- dicke mm	End- dicke mm	Vorwärmphase Gesamt- stücke $\varphi > \lambda$ (III)	Fertigwärmphase Gesamt- stücke $\varphi > \lambda$ (III)	Endwärm- temp. (T <sub>F</sub> ) °C	Transfer- zeit t <sub>t</sub> s	Abkühl- geschw. °C/s
1.4301	E 1.1	170	10	4	8	1065	25	30
	1.2 W	"	15	5	7	1035	<5	15
	1.3	"	"	4	6	1070	35	>5
	1.4	"	40	4	4	1090	20	6
1.4541	nE 1.5	"	10	4	8	1020	<5	>5
	1.6	"	10	3	12	1040	<5	>5
	1.7	"	15	8	8	1035	<5	>5
	1.8	"	20	4	10	1035	<5	8
	E 2.1 W	170	10	5	7	1065	<5	>5
	2.2	215	"	4	8	1110	<10	>5
1.4404	2.3	170	15	4	6	1075	<10	20
	2.4	"	"	4	8	1065	25	>6
	2.5	"	20	4	6	1080	80	7
	nE 2.6	170	10	5	7	1000	<5	>5
1.4571	2.7	215	10	6	12	1040	<5	1.0
	2.8	170	15	6	8	1035	<5	>5
	2.9	"	20	4	10	1020	<5	25
	E 3.1 W	170	10	5	7	1075	<5	>5
	3.2	"	15	4	6	1105	<10	>5
	3.3	"	15	4	3	1090	<10	>5
2.4858	3.4	"	20	4	8	1080	<10	>5
	nE 3.5	"	10	4	8	1020	<10	>5
	3.6	"	10	6	10	1050	<10	>5
	3.7	"	15	6	8	1030	<10	>5
	3.8	"	15	4	10	1060	<10	>5
	3.9	"	15	4	10	1060	<10	0.6
1.4571	E 4.1	170	10	4	8	1100	20	>5
	4.2	215	15	4	8	1125	30	>5
	4.3	"	"	4	10	1090	<10	>5
	4.4	265	20	4	10	1085	50	>5
2.4858	4.5	"	40	4	6	1050	20	>5
	nE 4.6	170	10	4	12	1000	<10	>5
	4.7	"	"	4	8	1050	<10	>5
	4.8	215	15	4	12	1060	<10	>5
2.4858	4.9	170	15	4	8	1060	<5	0.6
	nE 5.1 W	180	15	5	7	1075	<5	>5
	nE 5.2 W	"	"	7	7	975	<5	>5

E - erfindungsgemäß  
nE - nicht erfindungsgemäß  
W - Warmband

Tabelle 5

5

10

15

20

25

30

35

40

Stahl (DIN-Nr.)	Erzeugnis Nr.	*)		*)		*)		Korngröße G n. DIN 50601	Delta-Ferrit Gehalt (***)	Korrosions- prüfungen
		R <sub>p0.2</sub>	R <sub>m</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>v</sub> (ISO-V)	PT	-196°C			
		N/mm <sup>2</sup>		%	%	(J)	(J)			
1.4301	E 1.1 1.2 W 1.3 1.4	300	625	50	179			8 - 9	3 - 6	Anforderungen erfüllt nach: 1; 2; 3
		310	629	50	175			8		
		295	616	55	211			7		
		281	596	62	201					
	nE 1.5 1.6 1.7 1.9	408	672	36	111			8 + 4***)		Oberflächenrisse
		390	650	38	130					
350		656	40	145						
L 1.6	265-	605-	45-	170-			4 - 5	1 - 3		
	345	535	50	190						
1.4541	E 2.1 W 2.2 2.3 2.4 2.5	298	595	50	170			8 - 9	2 - 4,5	Anforderungen erfüllt nach: 1; 2; 3
		280	590	55	135					
		255	587	55	194					
		272	594	53	186					
		259	575	58	164			7 - 9		
	nE 2.6 2.7 2.9 2.9 2.9	450	679	35	98					nicht erf. n. 2; 3
		440	655	40	105					
		385	627	43	128			9 + 5***)		
		395	541	41	129					
		245-	580-	40	150-			7 - 8	1,5 - 2	
	345	640	53	195						
1.4404	E 3.1 W 3.2 3.3 3.4	320	618	49	175			9	1,5 - 4	Anforderungen erfüllt nach: 1; 2; 3; 4
		281	590	54	139	125		8		
		344	601	52	195	154		8 - 9		
		280	575	54	190	121		7 - 9		
	nE 3.5 3.6 3.7 3.8 3.9	479	692	33	132					Oberflächenrisse
		324	611	44	163			9 + 5***)		
		435	670	38	125					
		405	615	41	135					
		340	610	42	145					
		250-	570-	46-	175-	50-			4 - 5	
	310	505	55	230	65					
1.4571	E 4.1 4.2 4.3 4.4 4.5	270	585	53	195				3 - 7	Anforderungen erfüllt nach: 1; 2; 3
		267	578	57	190					
		275	587	54	198					
		270	605	54	191					
		300	625	50	178					
	nE 4.6 4.7 4.8 4.9	542	715	36	105					nicht erf. n. 3; 4
		430	625	38	115					
		405	624	39	120					
		425	674	32	96					
		275-	560-	43-	145-				2 - 5	
	315	605	55	195						
2.4858	E 5.1 W	290	605	50	205					Anf. erf. n.: 1; 2; 3
	nE 5.2 W	545	716	28	96					
	5.L	265-	600-	45	190-					
		295	625	50	215					

E - erfindungsgemäß  
nE - nicht erfindungsgemäß  
L - Lösungsgelüht  
W - Warmband  
\* - quer zur Walzrichtung  
\*\* - Mischkorngefüge  
\*\*\* - gemessen mit der Förster-Sonde

Korrosionstests:  
1 - Strauß-Test n. DIN 50914  
2 - mod. Streicher-Test n. SEP 1877  
3 - Streicher-Test n. ASTM 262 Pract. B  
4 - Ruey-Test n. DIN 50921

45

## Patentansprüche

50

- Verfahren zur Erzeugung von Warmband oder Grobblechen aus nichtrostenden und hitzebeständigen molybdänhaltigen Stählen oder aus molybdänhaltigen Knetlegierungen auf Nickelbasis mit einer Enddicke im Bereich von 5 bis 60 mm durch Herstellen einer Bramme aus Blockguß oder durch Stranggießen, Durcherwärmen der Bramme bei einer Temperatur oberhalb von 1100 °C, anschließendes Warmwalzen der Bramme und beschleunigtes Abkühlen des bis auf Enddicke gewalzten Erzeugnisses, wobei

55

- die durcherwärmte Bramme mit einer Ausgangsdicke größer etwa 50 mm zunächst bis auf nicht dünner als 1/6 ihrer Ausgangsdicke überwiegend mit Verformungsstichen gewalzt wird, bei denen

der Umformgrad pro Stich in Dickenrichtung größer ist als die in Abhängigkeit von der Oberflächentemperatur des Erzeugnisses durch die Kurve A in Fig. 1 angegebenen Umformgrade,

5 ba) die bis auf nicht dünner als 1/6 ihrer Ausgangsdicke vorgewalzte Bramme anschließend oder eine durch Stranggießen hergestellte durcherwärmte Bramme mit einer Ausgangsdicke kleiner etwa 50 mm bis auf Enddicke überwiegend mit Verformungsstichen fertiggewalzt wird, bei denen der Umformgrad pro Stich in Dickenrichtung größer ist als die in Abhängigkeit von der Oberflächentemperatur des Erzeugnisses und der Pausenzeit zwischen zwei benachbarten Stichen als Parameter durch die Kurve B1 für Pausenzeiten kleiner 10 s oder durch die Kurve B2 für Pausenzeiten größer 10 s in Fig. 1 angegebenen Umformgrade.

10 bb) wobei die Oberflächentemperatur des fertiggewalzten Erzeugnisses

- 1030 °C nicht unterschreitet, sofern das Erzeugnis bis 1,0% Molybdän enthält und
- 1050 °C nicht unterschreitet, sofern das Erzeugnis mehr als 1,0% Molybdän enthält

oder wobei - sofern das fertiggewalzte Erzeugnis aus einem nichtrostenden und hitzebeständigen ferritischen oder martensitischen Stahl besteht - die Oberflächentemperatur des fertiggewalzten Erzeugnisses

- 15 - 980 °C nicht unterschreitet, sofern das Erzeugnis bis 1,0% Molybdän enthält und
- 1000 °C nicht unterschreitet, sofern das Erzeugnis mehr als 1,0% Molybdän enthält,

20 c) das Erzeugnis ohne Lösungsglühen spätestens 100 s nach dem Fertigwalzen mit einer Geschwindigkeit im Kern von mehr als 3 K/s, insbesondere mehr als 5 K/s, bis auf eine Temperatur beschleunigt abgekühlt wird, die gleich oder kleiner als 650 °C ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß alle Verformungsstiche, mit denen die durcherwärmte Bramme zunächst bis auf nicht dünner als 1/6 ihrer Ausgangsdicke gewalzt wird, mit einem Umformgrad durchgeführt werden, der größer ist, als die in Abhängigkeit von der Oberflächentemperatur des Erzeugnisses durch die Kurve A in Fig. 1 angegebenen Umformgrade.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens 2/3 der Verformungsstiche, mit denen das Erzeugnis auf Enddicke gewalzt wird, mit einem Umformgrad durchgeführt werden, der größer ist als die in Abhängigkeit von der Oberflächentemperatur des Erzeugnisses und der Pausenzeit zwischen zwei benachbarten Stichen als Parameter durch die Kurve B1 in Figur 1 angegebenen Umformgrade.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens 3/4 der Verformungsstiche, mit denen das Erzeugnis auf Enddicke gewalzt wird, mit einem Umformgrad durchgeführt werden, der größer ist als die in Abhängigkeit von der Oberflächentemperatur des Erzeugnisses und der Pausenzeit zwischen zwei benachbarten Stichen als Parameter durch die Kurve B2 in Figur 1 angegebenen Umformgrade.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das fertiggewalzte Erzeugnis im Anschluß an die beschleunigte Abkühlung langsam an Luft bis auf Raumtemperatur abgekühlt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das fertiggewalzte Erzeugnis, sofern es aus einem nichtrostenden und hitzebeständigen, ferritischen, martensitischen oder austenitisch-ferritischen Stahl besteht, bis auf eine Temperatur beschleunigt abgekühlt wird, die gleich oder kleiner als 400 °C ist.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Bramme aus einem nichtrostenden und hitzebeständigen, ferritischen oder martensitischen Stahl hergestellt wird, bestehend aus max. 0,35 % C, max. 2,5 % Mn, max. 1,5 % Si, max. 3,0 % Ni, 6,0 bis 30,0 % Cr, max. 3,0 % Mo Rest Eisen und den unvermeidbaren Verunreinigungen.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß dem nichtrostenden und hitzebeständigen, ferritischen oder martensitischen Stahl zusätzlich noch max. 1,5 % Ti, max. 1,5 % Ta und/oder Nb, max. 1,5 % Al, max. 0,5 % N, max. 0,5 % V, max. 0,5 % S einzeln oder zu mehreren zulegiert werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Bramme aus einem nichtrostenden und hitzebeständigen, austenitisch-ferritischen Stahl hergestellt wird, bestehend aus

## EP 0 352 597 B1

max. 0,05 % C, max. 10,0 % Mn, max. 1,5 % Si, 4,0 bis 7,0 % Ni, 10,0 bis 30,0 % Cr, max. 5,0 % Mo, Rest Eisen und den unvermeidbaren Verunreinigungen.

- 5 10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß dem nichtrostenden und hitzebeständigen, austenitisch-ferritischen Stahl zusätzlich noch max. 1,5 % Ti, max. 1,5 % Ta und/oder Nb, max. 5,0 % Cu, max. 0,5 % Al, max. 0,5 % N einzeln oder zu mehreren zulegiert werden.
- 10 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Bramme aus einer Knetlegierung auf Nickelbasis hergestellt wird, bestehend aus max. 0,1 % C, max. 4,0 % Mn, max. 4,0 % Si, 10,0 bis 30,0 % Cr, max. 10,0 % Mo Rest Nickel und den unvermeidbaren Verunreinigungen.
- 15 12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Knetlegierung auf Nickelbasis zusätzlich noch max. 1,5 % Ti, max. 1,5 % Ta und/oder Nb, max. 5,0 % Cu, max. 0,5 % Al, max. 0,5 % N, max. 45,0 % Fe einzeln oder zu mehreren zulegiert werden.
- 20 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Bramme aus einem nichtrostenden und hitzebeständigen, austenitischen Stahl hergestellt wird, bestehend aus max. 0,15 % C, max. 20,0 % Mn, max. 4,0 % Si, max. 35,0 % Ni, 10,0 bis 30,0 % Cr, max. 7,0 % Mo Rest Eisen und den unvermeidbaren Verunreinigungen.
- 25 14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß dem nichtrostenden und hitzebeständigen, austenitischen Stahl noch zusätzlich max. 1,5 % Ti, max. 1,5 % Ta und/oder Nb, max. 5,0 % Cu, max. 1,0 % Al, max. 0,5 % N, max. 1,0 % V, max. 0,3 % S einzeln oder zu mehreren zulegiert werden.
- 30 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Bramme aus einem nichtrostenden und hitzebeständigen, austenitischen Stahl mit max. 3,0 % Si, 7,0 bis 35,0 % Ni, max. 0,5 % Al, max. 0,035 % S, hergestellt wird.
- 35 16. Verfahren nach Anspruch 15 dadurch gekennzeichnet, daß der nichtrostende und hitzebeständige, austenitische Stahl mit 7,0 bis 20,0 % Ni, 15,0 bis 25,0 % Cr, max. 5,0 % Mo legiert wird.
17. Verfahren nach Anspruch 16 dadurch gekennzeichnet, daß der Delta-Ferrit-Gehalt in dem verwendeten nichtrostenden und hitzebeständigen, austenitischen Stahl auf einen Wert kleiner 10 % eingestellt wird, vorzugsweise durch Steuerung der dem Stahl zugegebenen Mengen der Legierungselemente Ni, N, Mn und/oder Cu.

### Claims

- 40 1. A process for the production of hot rolled strip or heavy plates from stainless and heat resisting molybdenum-containing steels or of molybdenum-containing forgeable alloys on a nickel basis having a final thickness in the range of 5 to 60 mm by producing a slab from ingot casting or by continuous casting, through-heating the slab at a temperature above 1100 °C and then hot rolling the slab, whereafter the product rolled for the final thickness is rapidly cooled, wherein
- 45 a) the through-heated slab, having a starting thickness greater than approximately 50 mm, is first rolled to not less than 1/6 of its starting thickness mainly with deforming passes in which the degree of deformation per pass in the thickness direction is greater than the degrees of deformation shown by curve A in Fig. 1 in dependence on the surface temperature of the product,
- 50 ba) the slab, roughed down to not less than 1/6 of its starting thickness, or a through-heated slab produced by continuous casting and having a starting thickness smaller than approximately 50 mm, is then finish rolled to the final thickness mainly with deforming passes in which the degree of deformation per pass in the thickness direction is greater than the degrees of deformation shown as parameter in Fig. 1 in dependence on the surface temperature of the product and the duration of the pause between two successive passes by curve B1 for pauses shorter than 10 sec or by curve B2 for pauses longer than 10 sec, and
- 55 bb) the surface temperature of the finish rolled product
- does not drop below 1030 °C, if the product contains up to 1.0% molybdenum and
  - does not drop below 1050 °C, if the product contains more than 1.0% molybdenum
- or, if the finish rolled product consists of a stainless and heat resisting ferritic or martensitic steel,

the surface temperature of the finish rolled product

- does not drop below 980 ° C, if the product contains up to 1.0% molybdenum and
- does not drop below 1000 ° C, if the product contains more than 1.0% molybdenum, and

5 c) without solution annealing and at the latest 100 sec after finish rolling, the product is rapidly cooled at a speed in the core of more than 3 K/sec, more particularly more than 5 K/sec, to a temperature which is equal to or lower than 650 ° C.

10 2. A process according to claim 1, characterized in that all the deforming passes with which the through-heated slab is first rolled to not less than 1/6 of its starting thickness are performed with a degree of deformation which is greater than the degrees of deformation shown by curve A in Fig. 1 in dependence on the surface temperature of the product.

15 3. A process according to one of claims 1 or 2, characterized in that at least 2/3 of the deforming passes with which the product is rolled to the final thickness are performed with a degree of deformation which is greater than the degrees shown as parameter by curve B1 in Fig. 1 in dependence on the surface temperature of the product and the duration of the pause between two successive passes.

20 4. A process according to one of claims 1 or 2, characterized in that at least 3/4 of the deforming passes with which the product is rolled to the final thickness are performed with a degree of deformation which is greater than the degrees shown as parameter by curve B2 in Fig. 1 in dependence on the surface temperature of the product and the duration of the pause between two successive passes.

25 5. A process according to one of claims 1 to 4, characterized in that following the rapid cooling, the finish rolled product is slowly cooled to room temperature in air.

6. A process according to one of claims 1 to 5, characterized in that if it consists of a stainless and heat resisting ferritic, martensitic or austenitic-ferritic steel, the finish rolled product is rapidly cooled to a temperature which is equal to or lower than 400 ° C.

30 7. A process according to one of claims 1 to 6, characterized in that the slab is produced from a stainless and heat resisting ferritic or martensitic steel consisting of max. 0.35% C, max. 2.5% Mn, max. 1.5% Si, max. 3.0% Ni, 6.0 to 30.0% Cr, max. 3.0% Mo, residue iron and the unavoidable impurities.

35 8. A process according to claim 7, characterized in that max. 1.5% Ti, max. 1.5% Ta and/or Nb, max. 1.5% Al, max. 0.5% N, max. 0.5% V, max. 0.5% S are also added individually or in combination to the stainless and heat resisting ferritic or martensitic steel.

40 9. A process according to one of claims 1 to 6, characterized in that the slab is produced from a stainless and heat resisting austenitic-ferritic steel consisting of max. 0.05% C, max. 10.0% Mn, max. 1.5% Si, 4.0 to 7.0% Ni, 10.0 to 30.0% Cr, max. 5.0% Mo, residue iron and the unavoidable impurities.

45 10. A process according to claim 9, characterized in that max. 1.5% Ti, max. 1.5% Ta and/or Nb, max. 5.0% Cu, max. 0.5% Al, max. 0.5% N are also added individually or in combination to the stainless and heat resisting austenitic-ferritic steel.

11. A process according to one of claims 1 to 5, characterized in that the slab is produced from a forgeable alloy of a nickel base, consisting of max. 0.1% C, max. 4.0% Mn, max. 4.0% Si, 10.0 to 30.0% Cr, max. 10.0% Mo, residue nickel and the unavoidable impurities.

50 12. A process according to claim 11, characterized in that max. 1.5% Ti, max. 1.5% Ta and/or Nb, max. 5.0% Cu, max. 0.5% Al, max. 0.5% N, max. 45.0% Fe are also added individually or in combination to the forgeable alloy on a nickel base.

55 13. A process according to one of claims 1 to 5, characterized in that the slab is produced from a stainless and heat resisting austenitic steel, consisting of max. 0.15% C, max. 20.0% Mn, max. 4.0% Si, max. 35.0% Ni, 10.0 to 30.0% Cr, max. 7.0% Mo, residue iron and the unavoidable impurities.

14. A process according to claim 13, characterized in that max. 1.5% Ti, max. 1.5% Ta and/or Nb, max. 5.0% Cu, max. 1.0% Al, max. 0.5% N, max. 1.0% V, max 0.3% S are also added individually or in combination to the stainless and heat resisting austenitic steel.
- 5 15. A process according to one of claims 13 or 14, characterized in that the slab is produced from a stainless and heat resisting austenitic steel containing max. 3.0% Si, 7.0 to 35.0% Ni, max. 0.5% Al, max. 0.035% S.
- 10 16. A process according to claim 15, characterized in that the stainless and heat resisting austenitic steel is alloyed with 7.0 to 20.0% Ni, 15.0 to 25.0% Cr, max. 5.0% Mo.
17. A process according to claim 16, characterized in that the delta ferrite content of the stainless and heat resisting austenitic steel used is adjusted to a value below 10%, preferably by controlling the quantities of the alloying elements Ni, N, Mn and/or Cu added to the steel.

15

### Revendications

1. Procédé de fabrication de feuillard laminé à chaud ou de tôle forte d'une épaisseur finale comprise entre 5 et 60 mm à partir d'acier inoxydable et résistant à la chaleur contenant du molybdène ou à partir d'un alliage corroyé à base de nickel contenant du molybdène par préparation d'un lingot à partir d'une coulée de lingots ou par coulée continue, chauffage du lingot à une température au-dessus de 1100 °C, puis laminage à chaud du lingot et refroidissement rapide du produit laminé jusqu'à l'épaisseur finale, dans lequel
- 20 a) le lingot réchauffé d'une épaisseur initiale supérieure à environ 50 mm est d'abord laminé jusqu'à une épaisseur non inférieure au 1/6 de l'épaisseur initiale, en majorité à l'aide de passes de déformation, de sorte que le degré de déformation par passe dans la direction de l'épaisseur est supérieur à celui représenté par la courbe A de la Fig. 1 qui est fonction de la température de surface du produit,
- 25 ba) le lingot laminé dans un premier temps jusqu'à une épaisseur inférieure au 1/6 de son épaisseur initiale ou un lingot réchauffé d'une épaisseur initiale inférieure à environ 50 mm, préparé par coulée continue, est ensuite laminé jusqu'à l'épaisseur finale en majorité à l'aide de passes de déformation, de sorte que le degré de déformation par passe dans la direction de l'épaisseur est supérieur à celui représenté par la courbe B1 de la Fig. 1 pour des temps de poses inférieurs à 10 secondes par la courbe B2 de la Fig. 1 pour des temps de poses supérieurs à 10 secondes, les degrés de déformation étant fonction de la température de surface du produit et du temps de pose entre deux passes successives.
- 30 bb) par lequel la température de surface du produit fini laminé
- n'est pas inférieure à 1030 °C, dans la mesure où le produit contient jusqu'à 1,0% de molybdène et
  - 40 - n'est pas inférieure à 1050 °C, dans la mesure où le produit contient plus de 1,0% de molybdène
- ou par lequel - dans la mesure où le produit fini laminé est constitué d'acier ferritique ou martensitique inoxydable et résistant à la chaleur - la température de surface du produit fini laminé
- 45 - n'est pas inférieure à 980 °C, dans la mesure où le produit contient jusqu'à 1,0% de molybdène et
  - n'est pas inférieure à 1000 °C, dans la mesure où le produit contient plus de 1,0% de molybdène,
- c) le produit sans recuit de mise en solution est refroidi très rapidement au plus tard 100 secondes après la fin du laminage à une vitesse de plus 3 K/s au centre, de préférence de plus de 5 K/s, jusqu'à une température qui est inférieure ou égale à 650 °C.
- 50
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que toutes les passes de déformation avec lesquelles le lingot réchauffé est tout d'abord laminé jusqu'à une épaisseur inférieure au 1/6 de l'épaisseur initiale sont réalisées avec un degré de déformation qui est supérieur à celui représenté par la courbe A de la Fig. 1 qui est fonction de la température de surface du produit.
- 55
3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'au moins 2/3 des passes de déformation avec lesquelles le produit est laminé jusqu'à son épaisseur finale sont réalisées avec un

## EP 0 352 597 B1

degré de déformation qui est supérieur à celui représenté par la courbe B1 de la Fig. 1 qui est fonction de la température de surface du produit et du temps de pose entre deux passes successives.

- 5 4. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'au moins 3/4 des passes de déformation avec lesquelles le produit est laminé jusqu'à son épaisseur finale sont réalisées avec un degré de déformation qui est supérieur à celui représenté par la courbe B2 de la Fig. 1 qui est fonction de la température de surface du produit et du temps de pose entre deux passes successives.
- 10 5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que, concernant la vitesse rapide de refroidissement, le produit fini laminé est lentement refroidi à l'air jusqu'à la température ambiante.
- 15 6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que dans la mesure où le produit fini laminé est constitué d'acier ferritique, martensétique ou austénitique-ferritique inoxydable et résistant à la chaleur, le produit final laminé refroidit rapidement à une température inférieure ou égale à 400 ° C.
- 20 7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le lingot est préparé à partir d'un acier ferritique ou martensitique inoxydable et résistant à la chaleur constitué d'au plus 0,35% de C, d'au plus 2,5% de Mn, d'au plus 1,5% de Si, d'au plus 3,0% de Ni, de 6,0 jusqu'à 30,0% de Cr, d'au plus 3,0% de Mo le restant représentant le fer et les impuretés inévitables.
- 25 8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'on ajoute en outre à l'acier ferritique ou martensitique inoxydable et résistant à la chaleur, un à un ou en combinaison, au plus 1,5% de Ti, au plus 1,5% de Ta et/ou Nb, au plus 1,5% de Al, au plus 0,5% de N, au plus 0,5% de V, au plus 0,5% de S.
- 30 9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le lingot est préparé à partir d'un acier austénitique-ferritique inoxydable et résistant à la chaleur, constitué au plus de 0,05% de C, au plus 10,0% de Mn, au plus 1,5% de Si, de 4,0 jusqu'à 7,0% de Ni, de 10,0 jusqu'à 30,0% de Cr, au plus 5,0% de Mo, le restant représentant le fer et les impuretés inévitables.
- 35 10. Procédé selon la revendication 9, caractérise en ce qu'on ajoute en outre à l'acier austénitique-ferritique inoxydable et résistant à la chaleur, un à un ou en combinaison, au plus 1,5% de Ti, au plus 1,5% de Ta et/ou Nb, au plus 5,0% de Cu, au plus 0,5% de Al, au plus 0,5% de N.
- 40 11. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le lingot est préparé à partir d'un alliage corroyé à base de nickel constitué d'au plus 0,1% de C, au plus 4,0% de Mn, au plus 4,0% de Si, de 10,0 jusqu'à 30,0 % de Cr, au plus 10,0% de Mo le restant représentant le fer et les impuretés inévitables.
- 45 12. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce qu'on ajoute en outre à l'alliage corroyé à base de nickel, un à un ou en combinaison, au plus 1,5% de Ti, au plus 1,5% et/ou Nb, au plus 5,0% de Cu, au plus 0,5% de Al, au plus 0,5% de N, au plus 45,0% de Fe.
- 50 13. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le lingot est préparé à partir d'un acier austénitique inoxydable et résistant à la chaleur constitué au plus de 0,15% de C, au plus de 20,0% de Mn, au plus 4,0% de Si, au plus 35,0% de Ni, de 10,0 jusqu'à 30% de Cr, au plus 7,0% de Mo, le restant représentant le fer et les impuretés inévitables.
- 55 14. Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce que l'on ajoute en outre à l'acier austénitique inoxydable et résistant à la chaleur, un à un ou en combinaison, au plus 1,5% de Ti, au plus 1,5% de Ta et/ou Nb, au plus 5,0% de Cu, au plus 1,0% de Al, au 0,5% de N, au plus 1,0%, de V, au plus 0,3% de S.
15. Procédé selon l'une des revendications 13 ou 14, caractérisé en ce que le lingot est préparé à partir d'un acier austénitique inoxydable et résistant à la chaleur comprenant au maximum 3,0% de Si, de 7,0 jusqu'à 35,0% de Ni, au plus 0,5% de Al, au plus 0,035% de S.

## EP 0 352 597 B1

16. Procédé selon la revendication 15, caractérisé en ce que l'acier austénitique inoxydable et résistant à la chaleur est mélangé à de 7,0 jusqu'à 20% de Ni, de 15,0 jusqu'à 25,0 % de Cr, au plus de 5,0% de Mo.

5 17. Procédé selon la revendication 16, caractérisé en ce que la teneur en ferrite-Delta de l'acier austénitique inoxydable et résistant à la chaleur utilisé est ajustée à une valeur inférieure à 10%, de préférence en contrôlant les quantités ajoutées à l'acier des constituants d'alliages que sont le Ni, le N, le Mn et/ou le Cu.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Figur 1

