

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: 89113109.6

51 Int. Cl.<sup>4</sup>: **C21D 8/02 , C22F 1/10**

22 Anmeldetag: 18.07.89

30 Priorität: 28.07.88 DE 3825634

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
31.01.90 Patentblatt 90/05

84 Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE DE ES FR GB IT LU NL SE

71 Anmelder: Thyssen Stahl Aktiengesellschaft  
Kaiser-Wilhelm-Strasse 100  
D-4100 Duisburg 11(DE)

72 Erfinder: Pircher, Hans, Dipl.-Ing. Dr.  
Elsenbornerweg 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: Der weitere Erfinder hat auf seine  
Nennung verzichtet

74 Vertreter: Werner, Dietrich H. et al  
Cohausz & Florack Schumannstrasse 97  
D-4000 Düsseldorf 1(DE)

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

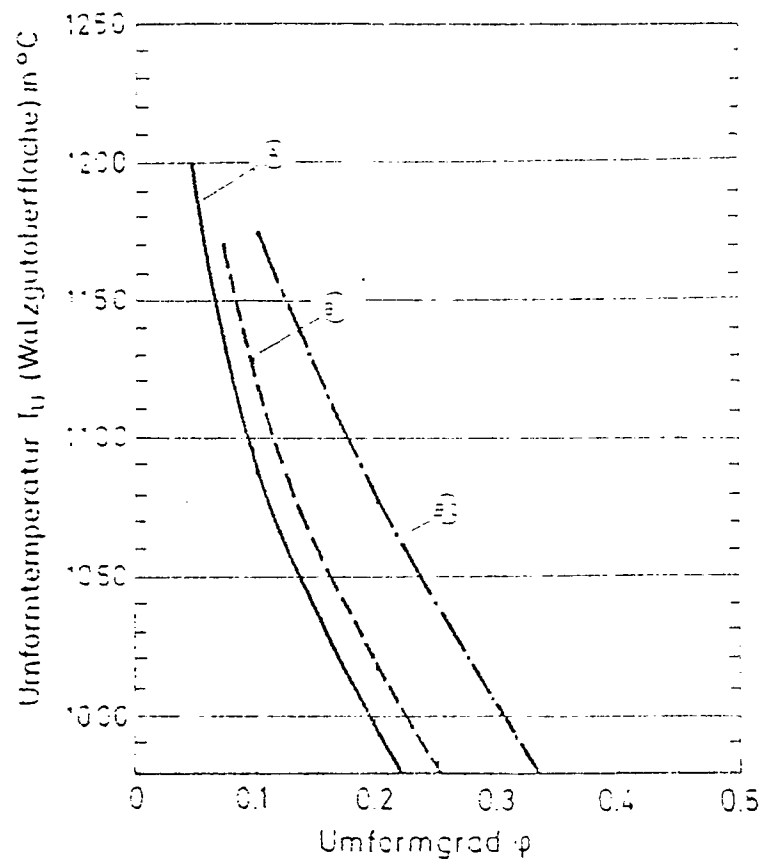
57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung von Warmband oder Grobblechen aus nichtrostenden und hitzebeständigen Stählen oder aus Knetlegierungen auf Nickelbasis mit einer Enddicke im Bereich von 5 bis 60 mm durch Herstellen einer Bramme aus Blockguß oder durch Stranggießen, Durcherwärmen der Bramme bei einer Temperatur oberhalb von 1100 °C, anschließendes Warmwalzen der Bramme und beschleunigtes Abkühlen des bis auf Enddicke gewalzten Erzeugnisses. Kennzeichen der Erfindung ist, daß die durcherwärmte Bramme ohne Unterbrechungen zunächst bis auf maximal 1/6 ihrer Ausgangsdicke überwiegend mit Verformungsstichen gewalzt wird, bei denen der Umformgrad pro Stich in Dickenrichtung größer ist als die Abhängigkeit von der Oberflächentemperatur des Erzeugnisses durch die Kurve A in Fig. 1 angegebenen Umformgrade. Anschließend wird bis auf Enddicke überwiegend mit Verformungsstichen fertiggewalzt, 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 oder B2 in Fig. 1 angegebenen Umformgrade. Die Oberflächentemperatur des fertiggewalzten Erzeugnisses soll

- 1030 °C nicht unterschreiten, sofern das Erzeugnis bis 1,0 % molybdän enthält bzw.
- 1050 °C nicht unterschreiten, sofern das Erzeugnis mehr als 1,0 % Molybdän enthält.

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

EP 0 352 597 A1

Figure 1



## Verfahren zur Erzeugung von Warmband oder Grobblechen

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Erzeugung von Warmband oder Grobblechen aus nichtrostenden und hitzebeständigen Stählen oder aus 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 Anspruchs 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 Endzundern 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 Warmofen 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 Nicht-Rekristallisationsbereich 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 überlicherweise 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:

Zunächst werden als Ausgangsprodukt Brammen aus Blockguß oder durch Stranggießen aus nichtro-  
 10 stenden 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 das Warmwalzen der durcherwärmten Brammen ohne Unterbrechungen zunächst bis auf maximal 1/6 ihrer Ausgangsdicke, d.h. sie werden mit möglichst geringen Pausenzeiten zwischen den einzelnen Verformungsstichen im Extremfall zunächst bis  
 15 auf maximal 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

$\phi = 1/n \cdot h_{n-1}/h_n$  mit

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

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

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 bekannten Verfahren überwiegend im Rekristallisationsbereich erfolgt,  
 25 wodurch das infolge der hohen Temperatur sehr grobkörnige Ausgangsgefüge in dieser ersten Walzphase weitgehend homogen, frei von mikroskopischen Aufreißungen und feinkörnig wird.

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 in der Größenordnung von etwa 50 mm oder weniger besitzen, kann erfindungsgemäß auch auf die Reduktion des  
 30 Erzeugnisses in dieser ersten Walzphase verzichtet werden. Üblicherweise schließt sich jedoch an eine Vorwalzphase das Fertigwalzen bis auf Enddicke an, das gemäß Maßnahme ac) im Anspruch 1 erfindungsgemäß oberhalb einer Mindesttemperatur erfolgt, die von dem Molybdängehalt des Erzeugnisses abhängig ist und die nicht unterschritten werden darf.

Für das erfindungsgemäße Fertigwalzen bis auf Enddicke ist es im Unterschied zur gängigen und in  
 35 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 und der Pausenzeit zwischen zwei benachbarten Verformungsstichen als Parameter durch die Kurve B1  
 40 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 Gefüge während des Fertigwalzens homogen und feinkörnig rekristallisiert und die verformungsbedingte  
 45 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 bekannten Verfahren vorgesehen ist. Darüber hinaus werden durch diese Maßnahme durch Leitung und Strahlung auftretende Wärmeverluste weitgehend ausgeglichen.

Ist das Warmband oder Grobblech oberhalb der gemäß Maßnahme ac) im Anspruch 1 erfindungsgemäß vorgegebenen Mindesttemperatur bis auf Enddicke fertiggewalzt, so erfolgt spätestens 100 s danach  
 50 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 angegebenen Stählen mit einer Enddicke im Bereich von 5 bis 60 mm und mit einem Eigenschaftsprofil  
 55 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 7 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 8 bis 11 und 14 bis 17 sowie aus einer Nickelbasis-Knetlegierung mit der in den Ansprüchen 12 und 13 angegebenen Zusammensetzung angewendet werden. Wird das Verfahren vorzugsweise auf nichtrostende und hitzebeständige austenitische Stähle mit der Zusammensetzung nach den Ansprüchen 16 und 17 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 17 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:

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

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

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

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 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 ausscheidungs-  
 5 freies 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, führt das Verfahren zu Erzeugnissen mit höheren Festigkeitswerten, insbesondere höherer Streck-  
 10 grenze, 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 Vorwalzpha-  
 15 se 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 Eigen-  
 20 schaftprofil 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  
 25 zugehörigen Werte für die Streckgrenze, Zugfestigkeit, Dehnung und Kerbschlagzähigkeit in Tabelle 5 zeigen - in diesen Fällen ist die erfindungsgemäße Maßnahme aa) erfüllt -, werden insbesondere eine wesentlich höhere Streckgrenze und eine niedrigere Dehnung eingestellt, sofern die erfindungsgemäße Warmwalzbedingung gemäß dem Merkmal ab) 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  
 30 müssen insbesondere in der Fertigwalzphase auch die erfindungsgemäßen Maßnahmen ab) und ac) 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 Warmwalz-  
 35 bedingungen 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 ac) nur das Merkmal ab) 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  
 40 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  
 45 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 ausscheidungs-  
 50 freies 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.

Tabelle 1

|                      | Nichtrostende und hitzebeständige Stähle |                         |                                 | Knetlegierungen<br>auf Ni-Basis |
|----------------------|------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|                      | ferritisch und<br>martensitisch          | austenitisch/ferritisch | austenitisch                    |                                 |
| Legierungselement    | 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                            |
| 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                           |
| Sonstige             | V ≤0,5<br>S ≤0,5<br>(Rest Fe)            | (Rest Fe)               | V ≤ 1,0<br>S ≤ 0,3<br>(Rest Fe) | Fe ≤ 45                         |

Tabelle 2

| Umformtemperatur $T_U$<br>(Walzgutoberfläche) °C | Kritischer Umformgrad $\phi^*$ |                         |                          |
|--------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------|
|                                                  | Vorwalzphase                   | Fertigwalzphase         |                          |
|                                                  | Kurve A                        | Kurve B <sub>1</sub> ** | Kurve B <sub>2</sub> *** |
| 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                    |
| 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<br>nach DIN | Chemische Zusammensetzung in Massen % |      |      |       |       |      |      |       |       |      |      | Delta-Ferrit<br>DF (%)<br>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 (%) = (Cräg 2.9004 - Niäg 2.084) - 25.62 mit

Cräg = Cr + Mo + 1.5 Si + 0.5 Nb + 4 Ti + 3 Al

Niäg = Ni + 30 (C + N) + 0.5 Mo + 0.5 Cu

Tabelle 4

| Stahl<br>(DIN-Nr.) | Erzeugnis<br>Nr. | Vorbrännen-<br>dicke<br>mm | End-<br>dicke<br>mm | Vorwalzphase<br>Gesamt-<br>stiche | Vorwalzphase<br>davon mit<br>$\varphi > \Lambda$ (mm) | Fertigwalzphase<br>Gesamt-<br>stiche | Fertigwalzphase<br>davon mit<br>$\varphi > \Pi$ (mm) | Endwalz-<br>temp. (T <sub>F</sub> )<br>°C | Transfer-<br>zeit t <sub>t</sub><br>s | Abkühl-<br>geschw.<br>°C/s |
|--------------------|------------------|----------------------------|---------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| 1.4301             | E 1.1            | 170                        | 10                  | 4                                 | 4                                                     | 8                                    | 7                                                    | 1065                                      | 25                                    | 30                         |
|                    | 1.2 W            | "                          | 15                  | 5                                 | 4                                                     | 7                                    | 6                                                    | 1035                                      | <5                                    | 15                         |
|                    | 1.3              | "                          | "                   | 4                                 | 4                                                     | 6                                    | 6                                                    | 1070                                      | 35                                    | >5                         |
|                    | 1.4              | "                          | 40                  | 4                                 | 4                                                     | 4                                    | 3                                                    | 1090                                      | 20                                    | 6                          |
| 1.4541             | nE 1.5           | "                          | 10                  | 4                                 | 3                                                     | 8                                    | 5                                                    | 1020                                      | <5                                    | >5                         |
|                    | 1.6              | "                          | 10                  | 4                                 | 3                                                     | 12                                   | 6                                                    | 1040                                      | <5                                    | >5                         |
|                    | 1.7              | "                          | 15                  | 8                                 | 3                                                     | 8                                    | 5                                                    | 1015                                      | <5                                    | >5                         |
|                    | 1.8              | "                          | 20                  | 4                                 | 3                                                     | 10                                   | 5                                                    | 1035                                      | <5                                    | 8                          |
|                    | E 2.1 W          | 170                        | 10                  | 5                                 | 4                                                     | 7                                    | 6                                                    | 1065                                      | <5                                    | >5                         |
|                    | 2.2              | 215                        | "                   | 4                                 | 3                                                     | 8                                    | 8                                                    | 1110                                      | <10                                   | >5                         |
|                    | 2.3              | 170                        | 15                  | 4                                 | 4                                                     | 6                                    | 6                                                    | 1075                                      | <10                                   | 20                         |
|                    | 2.4              | "                          | "                   | 4                                 | 3                                                     | 8                                    | 6                                                    | 1065                                      | 25                                    | >6                         |
| 1.4404             | 2.5              | "                          | 20                  | 4                                 | 3                                                     | 6                                    | 6                                                    | 1080                                      | 80                                    | 7                          |
|                    | nE 2.6           | 170                        | 10                  | 5                                 | 3                                                     | 7                                    | 4                                                    | 1000                                      | <5                                    | >5                         |
|                    | 2.7              | 215                        | 10                  | 6                                 | 4                                                     | 12                                   | 6                                                    | 1040                                      | <5                                    | 1.0                        |
|                    | 2.8              | 170                        | 15                  | 6                                 | 3                                                     | 8                                    | 5                                                    | 1035                                      | <5                                    | >5                         |
|                    | 2.9              | "                          | 20                  | 4                                 | 3                                                     | 10                                   | 5                                                    | 1020                                      | <5                                    | 25                         |
|                    | E 3.1 W          | 170                        | 10                  | 5                                 | 3                                                     | 7                                    | 6                                                    | 1075                                      | <5                                    | >5                         |
|                    | 3.2              | "                          | 15                  | 4                                 | 4                                                     | 6                                    | 6                                                    | 1105                                      | <10                                   | >5                         |
|                    | 3.3              | "                          | 15                  | 4                                 | 3                                                     | 8                                    | 7                                                    | 1090                                      | <10                                   | >5                         |
| 1.4571             | 3.4              | "                          | 20                  | 4                                 | 3                                                     | 8                                    | 6                                                    | 1080                                      | <10                                   | >5                         |
|                    | nE 3.5           | "                          | 10                  | 4                                 | 4                                                     | 8                                    | 5                                                    | 1020                                      | <10                                   | >5                         |
|                    | 3.6              | "                          | 10                  | 6                                 | 2                                                     | 10                                   | 6                                                    | 1050                                      | <10                                   | >5                         |
|                    | 3.7              | "                          | 15                  | 6                                 | 3                                                     | 8                                    | 5                                                    | 1030                                      | <10                                   | >5                         |
|                    | 3.8              | "                          | 15                  | 4                                 | 3                                                     | 10                                   | 5                                                    | 1060                                      | <10                                   | >5                         |
|                    | 3.9              | "                          | 15                  | 4                                 | 3                                                     | 10                                   | 6                                                    | 1060                                      | <10                                   | 0.6                        |
|                    | E 4.1            | 170                        | 10                  | 4                                 | 3                                                     | 8                                    | 8                                                    | 1100                                      | 20                                    | >5                         |
|                    | 4.2              | 215                        | 15                  | 4                                 | 4                                                     | 8                                    | 8                                                    | 1125                                      | 30                                    | >5                         |
| 2.4858             | 4.3              | "                          | "                   | 4                                 | 3                                                     | 10                                   | 8                                                    | 1090                                      | <10                                   | >5                         |
|                    | 4.4              | 265                        | 20                  | 4                                 | 4                                                     | 10                                   | 8                                                    | 1085                                      | 50                                    | >5                         |
|                    | 4.5              | "                          | 40                  | 4                                 | 4                                                     | 6                                    | 5                                                    | 1050                                      | 20                                    | >5                         |
|                    | nE 4.6           | 170                        | 10                  | 4                                 | 3                                                     | 12                                   | 6                                                    | 1000                                      | <10                                   | >5                         |
|                    | 4.7              | "                          | "                   | 4                                 | 2                                                     | 8                                    | 6                                                    | 1050                                      | <10                                   | >5                         |
|                    | 4.8              | 215                        | 15                  | 4                                 | 3                                                     | 12                                   | 6                                                    | 1060                                      | <10                                   | >5                         |
|                    | 4.9              | 170                        | 15                  | 4                                 | 3                                                     | 8                                    | 7                                                    | 1060                                      | <10                                   | 0.6                        |
|                    | E 5.1 W          | 180                        | 15                  | 5                                 | 3                                                     | 7                                    | 6                                                    | 1075                                      | <5                                    | >5                         |
| 2.4858             | nE 5.2 W         | "                          | "                   | 7                                 | 6                                                     | 7                                    | 3                                                    | 975                                       | <5                                    | >5                         |

E - erfindungsgemäß  
nE - nicht erfindungsgemäß  
W - Warmband

Tabelle 5

5

10

15

20

25

30

35

| Stahl<br>(DIN-Nr.) | Erzeugnis<br>Nr. | R <sub>p0.2</sub> <sup>*)</sup> | R <sub>m</sub> <sup>*)</sup> | A <sub>5</sub> <sup>*)</sup> | A <sub>7</sub> (ISO-V)<br>PT -196°C<br>(J) | Vormgröße<br>G n. DIN<br>50601 | Delta-Ferrit<br>Gehalt ***) | Korrosions-<br>prüfungen                     |
|--------------------|------------------|---------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------|
|                    |                  | N/mm <sup>2</sup>               |                              | %                            | (J)                                        |                                | %                           |                                              |
| 1.4301             | E 1.1            | 300                             | 625                          | 50                           | 179                                        | 8 - 9                          | 3 - 6                       | Anforderungen<br>erfüllt nach:<br>1; 2; 3    |
|                    | 1.2 W            | 310                             | 629                          | 50                           | 175                                        | 8                              |                             |                                              |
|                    | 1.3              | 295                             | 616                          | 55                           | 211                                        | 7                              |                             |                                              |
|                    | 1.4              | 281                             | 596                          | 62                           | 201                                        |                                |                             |                                              |
|                    | nE 1.5           | 408                             | 672                          | 36                           | 111                                        |                                |                             |                                              |
|                    | 1.6              | 390                             | 650                          | 38                           | 130                                        | 8 + 4***)                      |                             | Oberflächenrisse                             |
| 1.4541             | 1.7              | 350                             | 656                          | 40                           | 145                                        |                                |                             |                                              |
|                    | 1.8              | 405                             | 665                          | 41                           | 134                                        |                                |                             |                                              |
|                    | 1.9              | 265-                            | 605-                         | 45-                          | 170-                                       | 4 - 5                          | 1 - 3                       |                                              |
|                    | 1.10             | 315                             | 635                          | 50                           | 190                                        |                                |                             |                                              |
|                    | E 2.1 W          | 298                             | 595                          | 50                           | 170                                        |                                | 2 - 4,5                     | Anforderungen<br>erfüllt nach:<br>1; 2; 3    |
|                    | 2.2              | 280                             | 590                          | 55                           | 135                                        | 8 - 9                          |                             |                                              |
| 1.4404             | 2.3              | 255                             | 587                          | 55                           | 184                                        |                                |                             |                                              |
|                    | 2.4              | 272                             | 594                          | 53                           | 186                                        | 7 - 8                          |                             |                                              |
|                    | 2.5              | 259                             | 575                          | 58                           | 164                                        |                                |                             |                                              |
|                    | nE 2.6           | 450                             | 679                          | 35                           | 98                                         |                                |                             | nicht erf. n. 2; 3                           |
|                    | 2.7              | 440                             | 655                          | 40                           | 105                                        | 9 + 5***)                      |                             |                                              |
|                    | 2.8              | 385                             | 627                          | 43                           | 128                                        |                                |                             |                                              |
| 1.4571             | 2.9              | 395                             | 641                          | 41                           | 129                                        |                                |                             |                                              |
|                    | 3.0              | 245-                            | 580-                         | 40                           | 150-                                       | 7 - 8                          | 1,5 - 2                     |                                              |
|                    | 3.1              | 345                             | 640                          | 53                           | 195                                        |                                |                             |                                              |
|                    | E 3.1 W          | 320                             | 618                          | 49                           | 175                                        | 9                              | 1,5 - 4                     | Anforderungen<br>erfüllt nach:<br>1; 2; 3; 4 |
|                    | 3.2              | 281                             | 590                          | 54                           | 139                                        | 8                              |                             |                                              |
|                    | 3.3              | 344                             | 601                          | 52                           | 185                                        | 9 - 9                          |                             |                                              |
| 1.4571             | 3.4              | 280                             | 575                          | 54                           | 190                                        | 7 - 8                          |                             |                                              |
|                    | nE 3.5           | 479                             | 692                          | 33                           | 122                                        |                                |                             |                                              |
|                    | 3.6              | 324                             | 611                          | 44                           | 163                                        | 9 + 5***)                      |                             | Oberflächenrisse                             |
|                    | 3.7              | 435                             | 670                          | 38                           | 125                                        |                                |                             |                                              |
|                    | 3.8              | 405                             | 615                          | 41                           | 135                                        |                                |                             |                                              |
|                    | 3.9              | 340                             | 610                          | 42                           | 145                                        |                                |                             |                                              |
| 1.4571             | 4.0              | 250-                            | 570-                         | 46-                          | 175-                                       | 4 - 5                          | 0,5 - 2                     |                                              |
|                    | 4.1              | 310                             | 605                          | 55                           | 210                                        | 65                             |                             |                                              |
|                    | E 4.1 W          | 270                             | 585                          | 53                           | 195                                        |                                | 3 - 7                       | Anforderungen<br>erfüllt nach:<br>1; 2; 3    |
|                    | 4.2              | 267                             | 578                          | 57                           | 190                                        |                                |                             |                                              |
|                    | 4.3              | 275                             | 587                          | 54                           | 198                                        |                                |                             |                                              |
|                    | 4.4              | 270                             | 605                          | 54                           | 191                                        |                                |                             |                                              |
| 1.4571             | 4.5              | 300                             | 625                          | 50                           | 178                                        |                                |                             |                                              |
|                    | nE 4.6           | 542                             | 715                          | 36                           | 105                                        |                                |                             |                                              |
|                    | 4.7              | 430                             | 625                          | 38                           | 115                                        |                                |                             |                                              |
|                    | 4.8              | 405                             | 624                          | 39                           | 120                                        |                                |                             |                                              |
|                    | 4.9              | 425                             | 674                          | 32                           | 96                                         |                                |                             | nicht erf. n. 3; 4                           |
|                    | 4.10             | 275-                            | 560-                         | 43-                          | 145-                                       |                                | 1 - 5                       |                                              |
| 2.4858             | 5.0              | 315                             | 605                          | 55                           | 195                                        |                                |                             |                                              |
|                    | E 5.1 W          | 290                             | 605                          | 50                           | 205                                        |                                |                             | Anf. erf. n. 1; 2; 3                         |
|                    | nE 5.2 W         | 545                             | 716                          | 28                           | 96                                         |                                |                             |                                              |
| 2.4858             | 5.3              | 265-                            | 600-                         | 45                           | 190-                                       |                                |                             |                                              |
|                    | 5.4              | 295                             | 625                          | 50                           | 215                                        |                                |                             |                                              |

40

E - erfindungsgemäß  
 nE - nicht erfindungsgemäß  
 L - Lösungsgeglüht  
 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. 8  
 4 - Ruey-Test n. DIN 50921

45

## Ansprüche

50

1. Verfahren zur Erzeugung von Warmband oder Grobblechen aus nichtrostenden und hitzebeständigen Stählen oder aus 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, dadurch gekennzeichnet, daß

55

a) die durcherwärmte Bramme ohne Unterbrechungen  
 aa) zunächst bis auf maximal 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,

ab) anschließend 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 oder B2 in Fig. 1 angegebenen Umformgrade,

- 5 ac) wobei die Oberflächentemperatur des fertiggewalzten Erzeugnisses
- 1.030 °C nicht unterschreitet, sofern das Erzeugnis bis 1,0 % Molybdän enthält und
  - 1.050 °C nicht unterschreitet, sofern das Erzeugnis mehr als 1,0 % Molybdän enthält und

10 b) das Erzeugnis 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 maximal 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.

15 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.

20 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.

25 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.

30 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 Oberflächentemperatur des fertiggewalzten Erzeugnisses, sofern es aus einem nichtrostenden und hitzebeständigen, ferritischen oder martensitischen Stahl besteht, vor der beschleunigten Abkühlung

- 35 - 980 °C nicht unterschreitet, sofern das Erzeugnis bis 1,0 % Molybdän enthält und
- 1.000 °C nicht unterschreitet, sofern das Erzeugnis mehr als 1,0 % Molybdän enthält.

40 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, 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.

9. Verfahren nach Anspruch 8, 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.

45 10. 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 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.

50 11. Verfahren nach Anspruch 10, 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.

12. 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.

55 13. Verfahren nach Anspruch 12, 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.

14. 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.

15. Verfahren nach Anspruch 14, 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.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 oder 15, 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.

17. Verfahren nach Anspruch 16, 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.

18. Verfahren nach Anspruch 17, 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.

19. Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 18 auf die Herstellung von Warmband oder Grobblechen mit einer Enddicke im Bereich von 8 bis 40 mm.

20

25

30

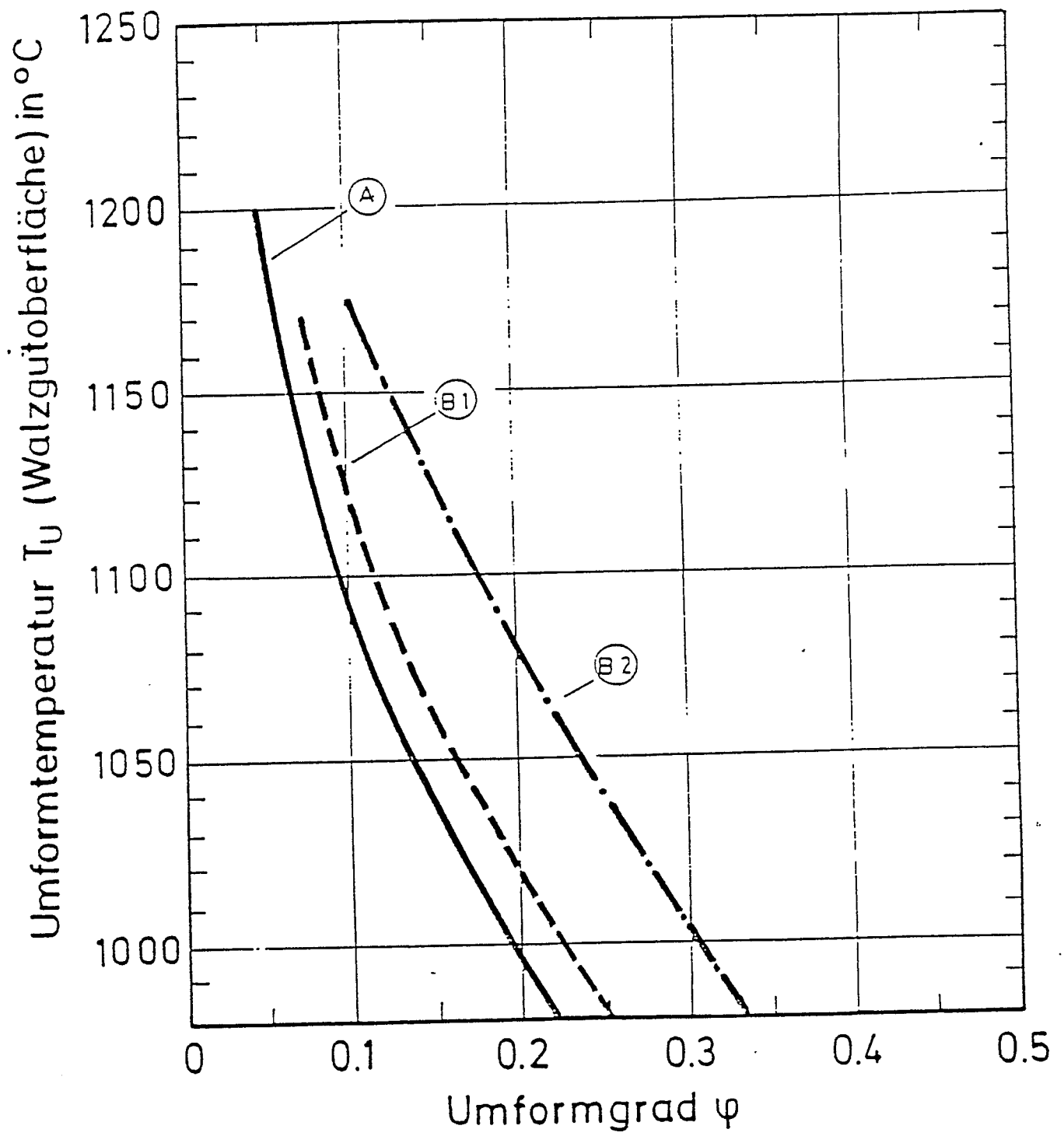
35

40

45

50

55

Figur 1



| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Kategorie                                                                                                                                                                                                                                                                         | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile | Betrifft Anspruch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5) |
| A,D                                                                                                                                                                                                                                                                               | DE-A-3 617 907 (NIPPON KOKAN K.K.)<br>* Anspruch 1 *<br>---                         | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | C 21 D 8/02<br>C 22 F 1/10               |
| A,D                                                                                                                                                                                                                                                                               | EP-A-0 144 694 (BBC)<br>* Anspruch 1 *<br>---                                       | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                          |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                 | US-A-4 360 391 (T. YAMAMURA et al.)<br>* Anspruch 1 *<br>---                        | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                          |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                 | FR-A-2 549 491 (NIPPON KOKAN K.K.)<br>* Anspruch *<br>-----                         | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | C 21 D 8/02<br>C 22 F 1/10               |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt                                                                                                                                                                                                         |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                          |
| Recherchenort<br>BERLIN                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                     | Abschlußdatum der Recherche<br>25-10-1989                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Prüfer<br>SUTOR W                        |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE<br>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 : mündliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur |                                                                                     | T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus andern Gründen angeführtes Dokument<br>-----<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument |                                          |