



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
27.09.2000 Patentblatt 2000/39

(51) Int. Cl.⁷: C21D 8/02, B21B 1/26

(21) Anmeldenummer: 00103097.2

(22) Anmeldetag: 16.02.2000

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 25.03.1999 DE 19913498

(71) Anmelder: **Thyssen Krupp Stahl AG**
40211 Düsseldorf (DE)

(72) Erfinder:
• **Kawalla, Rudolf, Prof. Dr.-Ing.**
09627 Niederbobritzsch (DE)

• **Heller, Thomas, Dr.-Ing.**
47229 Duisburg (DE)
• **Engl, Bernhard, Dr.-Ing.**
44267 Dortmund (DE)
• **Friedrich, Karl Ernst, Dipl.-Ing.**
47447 Moers (DE)
• **Pircher, Hans, Dr.-Ing.**
45481 M-Iheim (DE)
• **Schmitz, Hans-Peter, Dipl.-Ing.**
47443 Moers (DE)

(74) Vertreter: **Cohausz & Florack**
Patentanwälte
Kanzlerstrasse 8a
40472 Düsseldorf (DE)

(54) **Verfahren zum Herstellen eines Warmbandes und Warmbandlinie zur Durchführung des Verfahrens**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Herstellen eines Warmbandes (W), das basierend auf einem unlegierten oder niedrig legierten Stahl mit Zusätzen von Mikrolegierungselementen aus Strangguß in Form von wiedererwärmten oder direkt aus der Gießhitze eingesetzten Brammen, Dünnbrammen oder gegossenem Band erzeugt wird, wobei das Warmband (W) eine aus mehreren Walzgerüsten (F1 - F7) gebildete Fertigstaffel (FS) durchläuft. Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst die folgenden Schritte: Einleiten des Warmbandes (W) in das erste Walzgerüst (F1) der Fertigstaffel (FS) mit einer Temperatur (T_1), welche um mindestens 30 °C über der Rekristallisationsstop-Temperatur ($T_{\text{REK-STOP}}$) liegt, kontinuierlich erfolgendes Walzen des Warmbandes (W) in einem oder mehreren Stichen im Rekristallisationsbereich des Austenits; Abkühlen des Warmbandes (W) zwischen zwei Walzgerüsten (F1,F2;F2,F3;F3,F4;F4,F5;F5,F6;F6,F7) mittels einer Kühleinrichtung (K2 - K7) auf eine Temperatur (T_2), welche mindestens 20 °C unterhalb der Rekristallisationsstop-Temperatur ($T_{\text{REK-STOP}}$) liegt, mit einer Abkühlgeschwindigkeit, welche mindestens 10 °C/s beträgt; Walzen des unterhalb der Rekristallisationsstop-Temperatur ($T_{\text{REK-STOP}}$) abgekühlten Warmbandes (W) in mehreren Stichen bei einem Gesamtumformgrad (ϵ_H) von mindestens 30 % im Temperaturbereich unterhalb der Rekristallisationsstop-

Temperatur ($T_{\text{REK-STOP}}$).

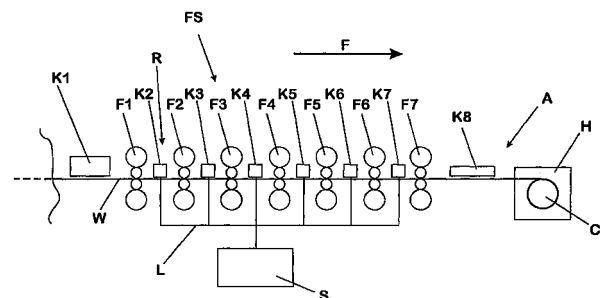


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines Warmbandes, das basierend auf einem unlegierten oder niedrig legierten Stahl mit Zusätzen von Mikrolegierungselementen aus Strangguß in Form von wiedererwärmten oder direkt aus der Gießhitze eingesetzten Brammen, Dünnbrammen oder gegossenem Band erzeugt wird, wobei das Warmband eine aus mehreren Walzgerüsten gebildete Fertigstaffel durchläuft. Verfahren dieser Art werden angewendet, um hochfeste Warmbänder von hoher Zähigkeit herzustellen.

[0002] Beispielsweise aus dem Aufsatz "Optimierung der Warmwalzbedingungen zur Verbesserung und Vergleichmäßigung der Werkstoffeigenschaften", K. Kaup, W. Haumann, G. Gorges, W. Fabian, Stahl u. Eisen 104 (1984), S. 1017 -1024, sind Verfahren bekannt, bei denen das Warmband im Rekristallisationsbereich vorgewalzt, anschließend abgekühlt und dann bei einer Temperatur, welche unterhalb der Rekristallisationstemperatur liegt, fertig gewalzt wird. Zu diesem Zweck ist es erforderlich, den Walzprozeß beim Vorwalzen so zu führen, daß die Vorbandoberfläche vor dem letzten Umformstich des Vorwalzens auf Temperaturen dicht oberhalb der Rekristallisationstemperatur abgekühlt ist. Dies kann zum einen dadurch erreicht werden, daß eine zusätzliche Kühlstrecke im Bereich der Vorwalzstraße vorgesehen wird.

[0003] Steht entsprechender Platz nicht zur Verfügung, kann der Walzprozeß für eine für das Abkühlen ausreichende Zeitdauer verzögert werden. Diese Verzögerung, während der das Vorband im Bereich zwischen dem Vorwalzgerüst und der Fertigstaffel hin- und herbewegt wird ("pendelt"), führt zu einer unerwünschten Verlängerung des Produktionsablaufs. Während einer langen Pendelzeit kann es darüber hinaus zu einem unerwünschten Austenitkornwachstum und zu Ausscheidungen kommen, durch welche die Gefügeentwicklung nach dem letzten Umformstich in der Vorwalzstraße und beim anschließenden Fertigwalzen in der Fertigstaffel negativ beeinflusst wird. So können nach dem Fertigwalzen im Warmband Austenit-Mischkornstrukturen vorhanden sein, die einen negativen Einfluß auf die Gefügeentwicklung im Rahmen der γ/α -Umwandlung auf dem Auslaufrollgang und im Coil ausüben.

[0004] Letzteres führt insbesondere bei Warmbanddicken von 8 mm und mehr zu einem unerwünscht inhomogenen Gefüge über den Bandquerschnitt, durch welche insbesondere die Zähigkeit in unerwünschtem Maß herabgesetzt wird. Besonders nachteilig wirkt sich dieser Zähigkeitsverlust bei mikrolegierten Stahlgüten mit hohen Zähigkeitsanforderungen aus, welche beispielsweise für den Öl- oder Gas-Pipeline-Bau verwendet werden.

[0005] Aus der deutschen Offenlegungsschrift DE 197 25 434 A1 ist ein Verfahren zum Walzen von Warmband aus stranggegossenen Dünnbrammen in einer sogenannten "Compact-Strip-Production (CSP)"-Linie bekannt. Bei derartigen CSP-Linien wird das stranggegossene Vormaterial nach dem Unterteilen in Walzlängen über einen Ausgleichsofen direkt dem Walzwerk zugeführt. Dabei besteht eine Besonderheit gegenüber konventionellen Herstellungslinien darin, daß die Dünnbramme mit Gußgefüge in die Fertigstaffel eingeführt wird.

[0006] In der erwähnten Offenlegungsschrift wird zur Herstellung eines Warmbreitbandes aus einem ferritisch-perlitisch mikrolegierten Baustahl mit einer Mikrolegierung mit Vanadium, Niob und / oder Titan vorgeschlagen, die Gußstruktur des in die Fertigstaffel eingeführten Materials durch Einstellung definierter Temperatur- oder Formänderungsbedingungen bei der ersten Umformung zu verändern. Dabei liegt die Temperatur des Materials während der ersten Umformung oberhalb der Rekristallisationsstop-Temperatur. Die erwähnte Änderung soll derart durchgeführt werden, daß während oder nach der ersten Umformung eine vollständige Rekristallisation des Gußgefüges vor Beginn des zweiten Umformschritts erfolgt. Anschließend soll das Warmband bei einer Temperatur unterhalb der Rekristallisationsstop-Temperatur gewalzt werden. Die dabei erreichte Umformung soll einen Betrag von 30 % nicht unterschreiten. Darüber hinaus soll eine Endwalztemperatur nahe der Ar_3 -Temperatur erreicht werden.

[0007] Um sicherzustellen, daß die Rekristallisation vor der zweiten Umformung vollständig abgeschlossen ist, wird in der genannten Offenlegungsschrift weiter vorgeschlagen, mindestens das zweite Walzgerüst der Fertigstaffel zu öffnen oder allenfalls als Treiber einzusetzen. Auf diese Weise hat das in der ersten Stufe umgeformte Warmband ausreichend Zeit, abzukühlen, bevor es der zweiten Umformung unterzogen wird.

[0008] Durch ein solches Vorgehen läßt sich zwar auch bei einer CSP-Anlage ein in zwei definierte Abschnitte unterteiltes Walzen, nämlich das Walzen im Rekristallisationsbereich des Austenits und das anschließende Walzen im Bereich unterhalb der Rekristallisationsstop-Temperatur, durchführen. Nachteilig an dieser Verfahrensweise ist jedoch, daß die Walzleistung mindestens eines der in der Fertigstaffel zur Verfügung stehenden Walzgerüste nicht genutzt werden kann. Dies führt zu einer erheblichen Beschränkung des beim Fertigwalzen maximal erzielbaren Umformgrades und, damit einhergehend, zu einer erheblichen Einschränkung der Vielfalt an Produkten, die mit einem solchen Verfahren hergestellt werden können.

[0009] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren der eingangs angegebenen Art und eine zur Durchführung eines solchen Verfahrens besonders geeignete Vorrichtung zu schaffen, welche es ermöglichen, ein hochfestes Warmband mit herausragender Zähigkeit kostengünstig herzustellen.

[0010] Diese Aufgabe wird hinsichtlich des Verfahrens dadurch gelöst, daß ein Verfahren zum Herstellen eines Warmbandes, das basierend auf einem unlegierten oder niedrig legierten Stahl mit Zusätzen von Mikrolegierungselementen aus Strangguß in Form von Brammen, Dünnbrammen oder Band erzeugt wird, wobei das Warmband eine aus

mehreren Walzgerüsten gebildete Fertigstaffel durchläuft, die folgenden Schritte umfaßt:

- Einleiten des Warmbandes in das erste Walzgerüst der Fertigstaffel mit einer Temperatur, welche um mindestens 30 °C über der Rekristallisationsstop-Temperatur liegt,
- kontinuierlich erfolgendes Walzen des Warmbandes in einem oder mehreren Stichen im Rekristallisationsbereich des Austenits,
- Abkühlen des Warmbandes zwischen zwei Walzgerüsten mittels einer Kühleinrichtung auf eine Temperatur, welche mindestens 20 °C unterhalb der Rekristallisationsstop-Temperatur liegt, mit einer Abkühlgeschwindigkeit, welche mindestens 10 °C/s beträgt,
- Walzen des unterhalb der Rekristallisationsstop-Temperatur abgekühlten Warmbandes in mehreren Stichen bei einem Gesamtumformgrad von mindestens 30 % im Temperaturbereich unterhalb der Rekristallisationsstop-Temperatur.

[0011] Besonders vorteilhaft läßt sich mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ein Warmband herstellen, welches aus einem Stahl erzeugt ist, der in Masse-% C: $\leq 0,18$ %, Si: $\leq 1,5$ %, Mn: $\leq 2,5$ %, P: 0,005 - 0,1 %, S: $\leq 0,03$ %, N: $\leq 0,02$ %, Cr: $\leq 0,5$ %, Cu: $\leq 0,5$ %, Ni: $\leq 0,5$ %, No: $\leq 0,5$ %, Al ≤ 2 %, bis insgesamt 0,3 % von einem oder mehreren der Elemente B, Nb, Ti, V, Zr und als Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen enthält.

[0012] Gemäß der Erfindung hat das Walzgut, wenn es in die Fertigstaffel eingeleitet wird, eine Temperatur, welche sicher oberhalb der Rekristallisationsstop-Temperatur liegt. Diese Eintrittstemperatur ist so eingestellt, daß mindestens die erste Umformung des Warmbandes in der Fertigstaffel im Rekristallisationsbereich des Austenits durchgeführt wird. Durch dieses im Rekristallisationsbereich des Austenits erfolgende Walzen wird eine Kornfeinung erreicht.

[0013] Nach der ersten oder erforderlichenfalls weiteren Umformung in diesem Temperaturbereich wird das Warmband zwischen zwei der Walzgerüste der Fertigstaffel mit einer geeigneten Kühleinrichtung so stark und schnell abgekühlt, daß seine Temperatur beim Eintritt in das folgende Walzgerüst unterhalb der Rekristallisationsstop-Temperatur liegt.

[0014] In diesem Zusammenhang kann es günstig sein, wenn das Warmband, bevor es zwischen den beiden Walzgerüsten auf die unterhalb der Rekristallisationsstop-Temperatur liegende Temperatur gekühlt wird, mindestens einmal zwischen zuvor durchlaufenen Walzgerüsten gekühlt wird, ohne dabei die Rekristallisationsstop-Temperatur zu unterschreiten. Dies ist insbesondere dann zweckmäßig, wenn das Warmband mit einer hohen Temperatur in die Fertigstaffel einläuft. Durch das dem entscheidenden Schritt der Abkühlung unter die Rekristallisationsstop-Temperatur vorgeschaltete Kühlen "tastet" man sich an die Temperatur heran, von der aus dann mit einem Schlag das Walzgut bis mindestens 20 °C unterhalb der Rekristallisationsstop-Temperatur abgekühlt wird. Wesentlich bleibt dabei, daß diese entscheidende Abkühlung unterhalb der Rekristallisationsstop-Temperatur definiert zwischen zwei Walzgerüsten erreicht wird.

[0015] Erfindungsgemäß sollte das Fertigwalzen des Warmbandes im Austenitbereich stattfinden. Daher sollte die Endwalztemperatur des Warmbandes beim Verlassen der Fertigstaffel größer als $Ar_3 + 30$ °C sein.

[0016] Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht es, anders als das aus der DE 197 25 434 A1 bekannte Verfahren, in einem kontinuierlich durchgeführten Prozeß ein Warmband von besonders guten Materialeigenschaften herzustellen. Diese hervorragenden Materialqualitäten lassen sich bei erfindungsgemäßer Vorgehensweise auch bei Warmbändern erreichen, die aus Stählen mit verminderten oder gar nicht vorhandenen Gehalten an teuren Legierungs- und Mikrolegierungselementen, wie Ti, Nb, V, erzeugt worden sind. Damit können durch Anwendung der Erfindung bei vorhandenen Legierungskonzepten neue Stahlqualitäten mit höheren Festigkeiten und hervorragender Zähigkeit erzeugt werden. Bei bekannten Stahlgüten können Legierungsgehalte eingespart werden, ohne daß es zu einer negativen Beeinflussung des Eigenschaftsspektrums kommt.

[0017] Kostenträchtige Kühlstrecken mit hohem Platzbedarf oder für das Abkühlen erforderliche zusätzliche Prozeßzeiten werden bei der Erfindung nicht benötigt. Ebenso kann die Walzleistung aller in der Fertigstaffel zur Verfügung stehenden Walzgerüste voll genutzt werden, so daß mit der Erfindung eine uneingeschränkt große Produktpalette hergestellt werden kann.

[0018] Das erfindungsgemäße Verfahren ist selbstverständlich nicht auf die Verwendung von Dünnbrammen oder vorgewalztem Material als Ausgangsmaterial beschränkt, welches direkt aus der Gießhitze verarbeitet wird. Ebenso kann die Erfindung im Rahmen des konventionellen Warmbandwalzens eingesetzt werden, bei dem Stranggußbrammen wiedererwärmt werden, bevor sie in die Walzstraße eingeführt werden.

[0019] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren lassen sich Warmbänder herstellen, welche ein über den Querschnitt sehr feinkörniges und homogenes Gefüge aufweisen. Die beim konventionellen thermo-mechanischen Warmwalzen üblicherweise sich einstellende feinkörnige Gefügestruktur wird bei erfindungsgemäßer Vorgehensweise weiter

verfeinert. So ist festgestellt worden, daß ein konventionell thermomechanisch gewalztes, 12,7 mm dickes Warmband mit einer nach API X65 eingestellten Gefügestruktur ein Perlit-Ferrit-Gefüge mit einem mittleren Ferrit-Korndurchmesser von 5 - 7,5 µm aufweist. Ein vergleichbares Warmband weist, nachdem es das erfindungsgemäße Verfahren durchlaufen hat, einen mittleren Ferrit-Korndurchmesser von 3,5 bis 4,5 µm auf. Ferritkorn-Inhomogenitäten im Bandkern werden dabei vermieden. Das gleiche gilt für den Ausscheidungszustand, welcher eine feinere Dispersion besitzt und zu einem Betrag der Ausscheidungshärtung führt, welcher über den bei konventionell gewalzten Warmbändern zu erwartenden hinausgeht.

[0020] Weiter wurde festgestellt, daß die Zähigkeit der erfindungsgemäß hergestellten Warmbänder trotz gesteigerter Streckgrenze und höherer Banddicke verbessert ist. Die Übergangstemperatur für 80 % Mattbruch beim BDWT-Test wurde um bis zu 25 °C zu tieferen Temperaturen verschoben.

[0021] Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren können die Walztemperaturen unter Berücksichtigung der Rekristallisationsstop-Temperatur zielsicher und sehr genau eingestellt werden. Dies ermöglicht es, das Walzen im Rekristallisationsgebiet dicht oberhalb der Rekristallisationsstop-Temperatur durchzuführen. So kann die Austenitkornverfeinerung optimal ausgenutzt werden. Die anschließende Umformung unterhalb der Rekristallisationsstop-Temperatur wird dann zur Verfestigung der feinkörnigen Austenitkornstruktur genutzt. Diese feinkörnige und verfestigte Austenitstruktur führt zu einer optimalen, sehr feinen Gefügestruktur nach der γ/α -Umwandlung.

[0022] Des Weiteren werden bei der Erfindung verformungsinduzierte Ausscheidungsvorgänge auf die nur eine kurze Zeit in Anspruch nehmende Verformung in den letzten Gerüsten der Fertigwalzstaffel beschränkt. Der Anteil der ausgeschiedenen Mikrolegierungsgehalte wird aufgrund dieser kurzen Zeitspanne deutlich verringert. Gleichzeitig wird das Ausscheidungspotential für die Ausscheidungshärtung des Gefüges nach der γ/α -Umwandlung besser genutzt.

[0023] Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Vorgehensweise besteht darin, daß der Oberflächenzustand des Warmbandes positiv beeinflusst wird. Durch die gezielte Kühlung zwischen den Walzgerüsten wird die Zunderbildung nahezu vollständig unterdrückt, so daß geringe Materialverluste entstehen und das Warmband im Lieferzustand mit einer geringen Zunderschicht von weniger als 10 µm belegt ist. Dadurch sind einerseits Vorteile beim Direkteinsatz mit gut haftendem, weil dünnen Zunder, zu erwarten, wie beispielsweise bei der Fertigung von Gasflaschen, welche ohne vorheriges Entzundern nach der Umformung lackiert werden. Andererseits kann in solchen Fällen, in denen das Warmband vor seiner Weiterverarbeitung entzündet wird, die beispielsweise für das Beizen benötigte Zeit verkürzt und die Kapazität der Beize erhöht werden.

[0024] Hinsichtlich der Warmbandlinie zur Durchführung des Verfahrens wird die oben angegebene Aufgabe dadurch gelöst, daß mindestens in einem der zwischen zwei Walzgerüsten der Fertigstaffel verbleibenden Freiräume eine Kühleinrichtung angeordnet ist. Diese zusätzlich zu den üblichen Kühlungen der Walzgerüste vorgesehene Kühleinrichtung ist in der Lage, das Warmband während des Übergangs vom einen zum nächsten Walzgerüst so stark abzukühlen, daß der Rekristallisationsbereich des Austenits nach der Kühlung vollständig verlassen ist und das anschließende Walzen bei Temperaturen unterhalb der Rekristallisationsstop-Temperatur durchgeführt wird.

[0025] Vorteilhafter Weise bringt die Kühleinrichtung mindestens einen Hochdruck-Wasserstrahl aus, dessen Volumenstrom regelbar ist. Bei einer derart ausgestalteten Kühleinrichtung kann die Kühlleistung auf einfache Weise an die jeweiligen Erfordernisse angepaßt werden. Letzteres gilt insbesondere dann, wenn die Kühleinrichtung mehrere Düsen umfaßt, welche einzeln oder in Gruppen mit Kühlflüssigkeit beaufschlagbar sind. Günstig ist es auch, wenn nicht nur zwischen einem der jeweiligen Walzgerüstpaare eine Kühleinrichtung vorgesehen ist, sondern wenn in mehreren der zwischen jeweils zwei Walzgerüsten vorhandenen Räumen eine derartige Einrichtung angeordnet ist. Dies gibt die Möglichkeit, den Übergang des Warmbandes zu einer Temperatur unterhalb der Rekristallisationsstop-Temperatur gezielt an der für den jeweiligen Walzprozeß im Hinblick auf das gewünschte Ergebnis optimalen Stelle durchzuführen.

[0026] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0027] Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen in schematischer Darstellung:

Fig. 1 die Fertigstaffel und den Auslaufrollgang einer Walzstraße in seitlicher Ansicht;

Fig. 2 den über die Zeit aufgetragenen Temperaturverlauf während des Walzens in der Fertigstaffel der Walzstraße.

[0028] Beim hier erläuterten Ausführungsbeispiel ist die Fertigstaffel FS aus sieben Walzgerüsten F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7 gebildet, welche von einem Warmband W in Förderrichtung E nacheinander durchlaufen werden. Es versteht sich von selbst, daß die Fertigstaffel FS je nach deren Auslegung und Leistungsvermögen mit einer geringeren oder einer größeren Zahl von Walzgerüsten ausgestattet sein kann.

[0029] Dem ersten Walzgerüst F1 in Förderrichtung F vorgeordnet ist eine erste Kühleinrichtung K1. Diese Kühleinrichtung K1 weist hier nicht gezeigte Düsen auf, über die Wasser unter hohem Druck auf das Warmband W gestrahlt wird, bevor es in das erste Walzgerüst F1 eintritt.

[0030] In jedem der zwischen den Walzgerüsten F1,F2; F2,F3; F3,F4; F5,F6; F6,F7 jeweils verbliebenen Räumen R ist jeweils eine Kühleinrichtung K2,K3,K4,K5,K6,K7 angeordnet. Die Kühleinrichtungen K2 - K7 weisen ebenfalls Düsen auf, welche über Versorgungsleitungen L an eine Steuereinrichtung S angeschlossen sind. Über die Steuereinrichtung S werden die Düsen der Kühleinrichtungen K2 - K7 wahlweise mit unter hohem Druck stehendem Kühlwasser beaufschlagt. Dabei arbeiten die Kühleinrichtungen K2 - K7 zusätzlich und unabhängig von den Kühlungen, mit denen die jeweiligen Walzgerüste F1 - F7 standardmäßig ausgestattet sind.

[0031] Im Bereich des Auslaufrollgangs A ist im geringen Abstand zum letzten Walzgerüst F7 der Fertigstaffel FS eine herkömmlich ausgebildete Kühleinrichtung K8 angeordnet, in der nach Art einer Laminarkühlstrecke oder einer beschleunigten Abkühlung ermöglichenden Kompaktkühlstrecke Kühlwasser auf das Warmband W aufgebracht werden kann. Am Ende des Auslaufrollgangs A befindet sich schließlich eine Haspeleinrichtung H, in welcher das Warmband W zu Coils C gewickelt werden kann.

[0032] Beispielsweise aus konventionellem Strangguß hergestelltes, anschließend abgekühltes, wiedererwärmtes und vorgewalztes Warmband W wird in der ersten Kühleinrichtung K1 mittels unter hohem Druck ausgebrachtem Wasser auf eine Temperatur abgekühlt, welche im Bereich von wenig mehr als 30 °C oberhalb der Rekristallisationsstoptemperatur $T_{\text{REK STOP}}$ des Stahls liegt, aus dem das Warmband W erzeugt worden ist. Alternativ kann auch eine direkt aus der Gießhitze eingesetzte und vorgewalzte Dünnbramme oder ein durch endabmessungsnahes Gießen erzeugtes Band in die Fertigstaffel eingeleitet werden. Dabei wird, wenn erforderlich, die Bramme oder das Band durch die Kühleinrichtung K1 auf die erforderliche Temperatur T_1 oberhalb der Rekristallisationsstoptemperatur gekühlt.

[0033] Das derart abgekühlte Warmband W wird im ersten Walzgerüst F1 einer ersten Umformung unterzogen. Da die Temperatur des Warmbandes W während dieser ersten Umformung oberhalb der Rekristallisationsstoptemperatur $T_{\text{REK STOP}}$ liegt, erfolgt diese Umformung innerhalb des Rekristallisationsbereichs des Austenits.

[0034] Ein formelmäßiger Zusammenhang für die Bestimmung der Rekristallisationsstoptemperatur in Abhängigkeit bestimmter Legierungselemente ist beispielsweise aus dem Artikel "Determination of Recrystallization Stop Temperature from Rolling Mill Logs and Comparison with Laboratory Simulation Results", T.M. Maccagno et al., ISIJ International, Vol. 34 (1994) No. 11, pp. 917-922, bekannt.

[0035] Nach dem ersten Umformvorgang wird das Warmband W beispielsweise durch das von der Kühleinrichtung K2 zwischen dem ersten und dem zweiten Walzgerüst F1,F2 unter hohem Druck ausgebrachte Kühlwasser mit einer Abkühlgeschwindigkeit von mehr als 10 °C/s auf eine Temperatur gekühlt, die um mindestens 20 °C geringer ist als die Rekristallisationsstoptemperatur $T_{\text{REK STOP}}$. Das derart gekühlte Warmband W wird in den Walzgerüsten F2 bis F7 im nichtrekristallisierten Bereich des Austenits fertiggewalzt, wobei ein Gesamtumformgrad ϵ_h beim Walzen in diesen Walzgerüsten F1-F7 erreicht wird, der mehr als 30 % beträgt. Die weiteren zwischen den nachfolgend durchlaufenen Walzgerüsten F2 - F7 angeordnete Kühleinrichtung K3 - K7 bleiben in diesem Fall außer Funktion.

[0036] Ist dagegen ein größerer Umformgrad beim Walzen im rekristallisierten Austenit erforderlich, so kann die Temperatur T_1 , mit welcher das Warmband W in die Fertigstaffel FS eintritt, durch eine entsprechende Kühlleistung der Kühleinrichtung K1 so eingestellt werden, daß das Warmband W, mit einer Temperatur oberhalb der Rekristallisationsstoptemperatur $T_{\text{REK STOP}}$ auch in das zweite Walzgerüst F2 einläuft, um dort ebenfalls im Rekristallisationsbereich des Austenits gewalzt zu werden. In diesem Fall kann das Warmband W anschließend durch die dritte Kühleinrichtung K3 mit Abkühlgeschwindigkeiten von mehr als 10 °C/s auf eine um mindestens 20 °C unterhalb der Rekristallisationsstoptemperatur $T_{\text{REK STOP}}$ liegende Temperatur T_2 gekühlt und in den folgenden Walzgerüsten F3 bis F7 im nichtrekristallisierten Austenitbereich bei einem Gesamtumformgrad von wiederum mindestens 30 % fertiggewalzt werden. Dabei kann die Kühleinrichtung K2 zwischen den Walzgerüsten F1,F2 dazu benutzt werden, die Temperatur des Warmbandes W vor seinem Eintritt in das zweite Walzgerüst F2 abzusenken, ohne dabei jedoch die Rekristallisationsstoptemperatur $T_{\text{REK STOP}}$ zu unterschreiten (Fig. 2).

[0037] Indem im Raum R zwischen jedem der Walzgerüst-Paare F2,F3; F3,F4; F4,F5; F5,F6; F6,F7 eine Kühleinrichtung K2 - K7 angeordnet ist, kann somit der entscheidende Schritt der Abkühlung unterhalb der Rekristallisationsstoptemperatur $T_{\text{REK STOP}}$ an der für die Eigenschaften des verarbeiteten Warmbands W jeweils günstigsten Stelle der Fertigstaffel FS durchgeführt werden. Dabei können die jeweils vor dieser entscheidenden Abkühlung durchlaufenen Kühleinrichtungen dazu genutzt werden, das Warmband W abzukühlen, ohne die Rekristallisationsstoptemperatur $T_{\text{REK STOP}}$ zu unterschreiten. Auf diese Weise kann unter anderem der Bedarf an Kühlleistung bei der entscheidenden Kühlung von einer Temperatur oberhalb der Rekristallisationsstoptemperatur $T_{\text{REK STOP}}$ auf eine Temperatur unterhalb der Rekristallisationsstoptemperatur $T_{\text{REK STOP}}$ vermindert werden.

[0038] Das im hier erläuterten Beispiel mit einer oberhalb der A_{3-1} -Temperatur liegenden Temperatur T_3 aus der Fertigstaffel FS austretende Warmband W tritt spätestens nach 10, vorzugsweise aber schon nach 2 Sekunden in die vierte Kühleinrichtung K4 ein. In dieser wird es mit einer Abkühlgeschwindigkeit von mehr als 20 °C/s auf eine Haspeltemperatur von nicht mehr als 650 °C, vorzugsweise nicht mehr als 550 °C, gekühlt. Das so gekühlte Warmband W wird schließlich auf der Haspeleinrichtung H zu einem Coil C gehaspelt.

[0039] Das derart hergestellte Warmband W wird vorteilhafter Weise zu einem Kaltband mit einer Dicke von weniger als 5 mm kaltgewalzt, wobei der während des Kaltwalzens erreichte Gesamtumformgrad mindestens 55 % betra-

EP 1 038 978 A1

gen sollte. Vorteilhaft ist es in diesem Zusammenhang auch, wenn das Kaltband rekristallisierend gegläht wird. Dabei kann das Glühen je nach gewünschter Eigenschaft des Endprodukts in einem Hauben- oder einem Durchlaufofen durchgeführt werden. Weiter ist es möglich, das derart geglähte Kaltband mit einem Korrosionsschutz zu versehen, der in Form einer Feuerverzinkung oder einer elektrolytisch aufgetragenen Beschichtung gebildet wird.

5 **[0040]** In Tabelle 1 sind für drei aus einem Stahl mit in Masse-% 0,06 % C, 0,28 % Si, 1,07 % Mn, 0,019 % P, 0,001 % S, 0,03 % Al, 0,11 % Cu, 0,05 % Ni, 0,007 % N, 0,057 % Nb, 0,056 % V, Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen in konventioneller Vorgehensweise hergestellte Warmbandproben P_{K1}, P_{K2}, P_{K3} die jeweilige Dicke D in mm, die Endwalztemperatur ET in °C, die Haspeltemperatur HT in °C, die Streckgrenze R_e in N/mm^2 , die Zugfestigkeit R_m in N/mm^2 , die Bruchdehnung A in %, die Ergebnisse des BDWT-Tests $BDWT\ 0^\circ C$ in % bzw. $BDWT\ 85\%$ in °C, sowie der
10 jeweilige mittlere Ferrit-Korndurchmesser FK_m in μm angegeben.

Tabelle 1

| | D | ET | HT | R_e | R_m | A | BDWT 0°C | BDWT 85% | FK_m |
|-------------|------|-----|-----|-------|-------|----|----------|----------|--------|
| 15 P_{K1} | 12,7 | 870 | 620 | 494 | 563 | 48 | 96 | -10 | 5,7 |
| P_{K2} | 12,7 | 865 | 590 | 496 | 609 | 44 | 69 | 10 | 7,2 |
| P_{K3} | 12,7 | 865 | 620 | 470 | 581 | 44 | 87 | 5 | 7,0 |

20 **[0041]** In Tabelle 2 sind, soweit ermittelt, die gleichen Angaben für sechs in erfindungsgemäßer Weise aus demselben Stahl hergestellte Warmbandproben $P_{E1}, P_{E2}, P_{E3}, P_{E4}, P_{E5}, P_{E6}$ zusammengestellt.

[0042] Der Vergleich der Materialeigenschaften der nach dem konventionellen Verfahren hergestellten Warmbandproben P_{K1}, P_{K2}, P_{K3} mit den Eigenschaften der nach dem erfindungsgemäßen Verfahren erzeugten Warmbandproben
25 $P_{E1}, P_{E2}, P_{E3}, P_{E4}, P_{E5}, P_{E6}$ zeigt deutlich, daß die erfindungsgemäß erzeugten Warmbänder bei einer größeren Dicke erheblich verbesserte Festigkeitseigenschaften, einen deutlich verbesserten Mattbruchanteil und eine sehr viel feinere Körnung aufweisen.

Tabelle 2

| | D | ET | HT | R_e | R_m | A | BDWT 0°C | BDWT 85% | FK_m |
|-------------|------|-----|-----|-------|-------|----|----------|----------|--------|
| 30 P_{E1} | 14,5 | 845 | 600 | 540 | 592 | 41 | 100 | -15 | 3,9 |
| P_{E2} | 14,5 | 845 | 600 | 515 | 580 | 39 | 100 | -15 | 4,3 |
| 35 P_{E3} | 14,5 | 835 | 630 | 526 | 597 | 43 | 100 | -30 | 3,5 |
| P_{E4} | 14,5 | 830 | 600 | 505 | 578 | 39 | | | 4,4 |
| P_{E5} | 14,5 | 830 | 600 | 504 | 575 | 30 | 98 | -5 | 4,3 |
| 40 P_{E6} | 14,5 | 820 | 600 | 540 | 622 | 37 | 94 | -5 | 4,2 |

BEZUGSZEICHEN

45 **[0043]**

| | |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| A | Auslaufrollgang |
| C | Coil |
| ϵ_H | Gesamtumformgrad nach der Abkühlung unterhalb der Rekristallisationsstop-Temperatur |
| 50 ET | Endtemperatur des Warmbandes beim Verlassen der Fertigstaffel FS |
| F | Förderrichtung |
| FS | Fertigstaffel |
| F1,F2,F3,F4,F5,F6,F7 | Walzgerüste |
| H | Haspeleinrichtung |
| 55 HT | Haspeltemperatur |
| K1 - K8 | Kühleinrichtungen |
| L | Versorgungsleitungen |
| R | Raum zwischen jeweils zwei Walzgerüsten |

| | |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------|
| S | Steuereinrichtung |
| T ₁ | Temperatur des in die Fertigstaffel eintretenden Warmbandes W |
| T _{REK STOP} | Rekristallisationsstop-Temperatur |
| T ₂ | Unterhalb T _{REK STOP} liegende Temperatur |
| 5 W | Warmband |

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines Warmbandes (W), das basierend auf einem unlegierten oder niedrig legierten Stahl mit Zusätzen von Mikrolegierungselementen aus Strangguß in Form von wiedererwärmten oder direkt aus der Gießhitze eingesetzten Brammen, Dünnbrammen oder gegossenem Band erzeugt wird, wobei das Warmband (W) eine aus mehreren Walzgerüsten (F1 - F7) gebildete Fertigstaffel (FS) durchläuft, umfassend die folgenden Schritte:
- Einleiten des Warmbandes (W) in das erste Walzgerüst (F1) der Fertigstaffel (FS) mit einer Temperatur (T₁), welche um mindestens 30 °C über der Rekristallisationsstop-Temperatur (T_{REK-STOP}) liegt,
 - kontinuierlich erfolgendes Walzen des Warmbandes (W) in einem oder mehreren Stichen im Rekristallisationsbereich des Austenits,
 - Abkühlen des Warmbandes (W) zwischen zwei Walzgerüsten (F1,F2;F2,F3;F3,F4;F4,F5;F5,F6;F6,F7) mittels einer Kühleinrichtung (K2 - K7) auf eine Temperatur (T₂), welche mindestens 20 °C unterhalb der Rekristallisationsstop-Temperatur (T_{REK-STOP}) liegt, mit einer Abkühlgeschwindigkeit, welche mindestens 10 °C/s beträgt,
 - Walzen des unterhalb der Rekristallisationsstop-Temperatur (T_{REK-STOP}) abgekühlten Warmbandes (W) in mehreren Stichen bei einem Gesamtumformgrad (ε_h) von mindestens 30 % im Temperaturbereich unterhalb der Rekristallisationsstop-Temperatur (T_{REK-STOP}).
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Stahl in Masse-%

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| - C: | ≤ 0,18 % |
| - Si: | ≤ 1,5 % |
| - Mn: | ≤ 2,5 % |
| - P: | 0,005 - 0,1 % |
| - S: | ≤ 0,03% |
| - N: | ≤ 0,02 % |
| - Cr: | ≤ 0,5 % |
| - Cu: | ≤ 0,5 % |
| - Ni: | ≤ 0,5 % |
| - Mo: | ≤ 0,5 % |
| - Al: | ≤ 2 % |
| - bis insgesamt 0,3 % von einem oder mehreren der Elemente B, Nb, Ti, V, Zr und als | |
| - Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen | |

enthält.

3. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Endwalztemperatur (ET) des Warmbands (W) beim Verlassen der Fertigstaffel (FS) größer als Ar₃ + 30 °C ist.

EP 1 038 978 A1

- 5
4. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Warmband (W), bevor es zwischen den beiden Walzgerüsten (F1,F2;F2,F3;F3,F4;F4,F5;F5,F6;F6,F7) auf die unterhalb der Rekristallisationsstop-Temperatur ($T_{\text{REK-STOP}}$) liegende Temperatur (T_2) gekühlt wird, mindestens einmal zwischen zuvor durchlaufenen Walzgerüsten (F1 - F7) gekühlt wird, ohne dabei die Rekristallisationsstop-Temperatur ($T_{\text{REK-STOP}}$) zu unterschreiten.
- 10
5. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Warmband (W) nach dem Verlassen der Fertigstaffel (FS) spätestens nach 10 Sekunden mit einer Abkühlgeschwindigkeit von mehr als 20 °C/s auf eine Haspeltemperatur (HT) von nicht mehr als 650 °C gekühlt und anschließend gehaspelt wird.
- 15
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Abkühlung des Warmbandes (W) spätestens 2 Sekunden nach dem Verlassen der Fertigstaffel (FS) beginnt.
- 20
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Haspeltemperatur (HT) nicht mehr als 550 °C beträgt.
- 25
8. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Warmband (W) bei Temperaturen von nicht mehr als 650 °C feuerverzinkt wird.
- 30
9. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Warmband (W) zu einem Kaltband mit einer Dicke von weniger als 5 mm kaltgewalzt wird und **daß** der während des Kaltwalzens erreichte Gesamtumformgrad mindestens 55 % beträgt.
- 35
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Kaltband rekristallisierend gegläht wird.
- 40
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Kaltband feuerverzinkt wird.
- 45
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Kaltband elektrolytisch mit einem Korrosionsschutz versehen wird.
- 50
13. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Dicke des Warmbandes (W) mindestens 8 mm beträgt.
- 55
14. Warmbandlinie zur Durchführung des Verfahrens nach einem der voranstehenden Ansprüche mit einer aus mehreren Walzgerüsten (F1 - F7) gebildeten Fertigstaffel (FS), **dadurch gekennzeichnet, daß** mindestens in einem der zwischen zwei Walzgerüsten (F1,F2;F2,F3;F3,F4;F4,F5;F5,F6;F6,F7) der Fertigstaffel (FS) verbleibenden Räume eine Kühleinrichtung (K2 - K7) angeordnet ist.
15. Warmbandlinie nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Kühleinrichtung (K2 - K7) mindestens einen Hochdruck-Wasserstrahl ausbringt, dessen Volumenstrom regelbar ist.
16. Warmbandlinie nach einem der Ansprüche 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Kühleinrichtung (K2 - K7) mehrere Düsen umfaßt, welche einzeln oder in Gruppen mit Kühlflüssigkeit beaufschlagbar sind.

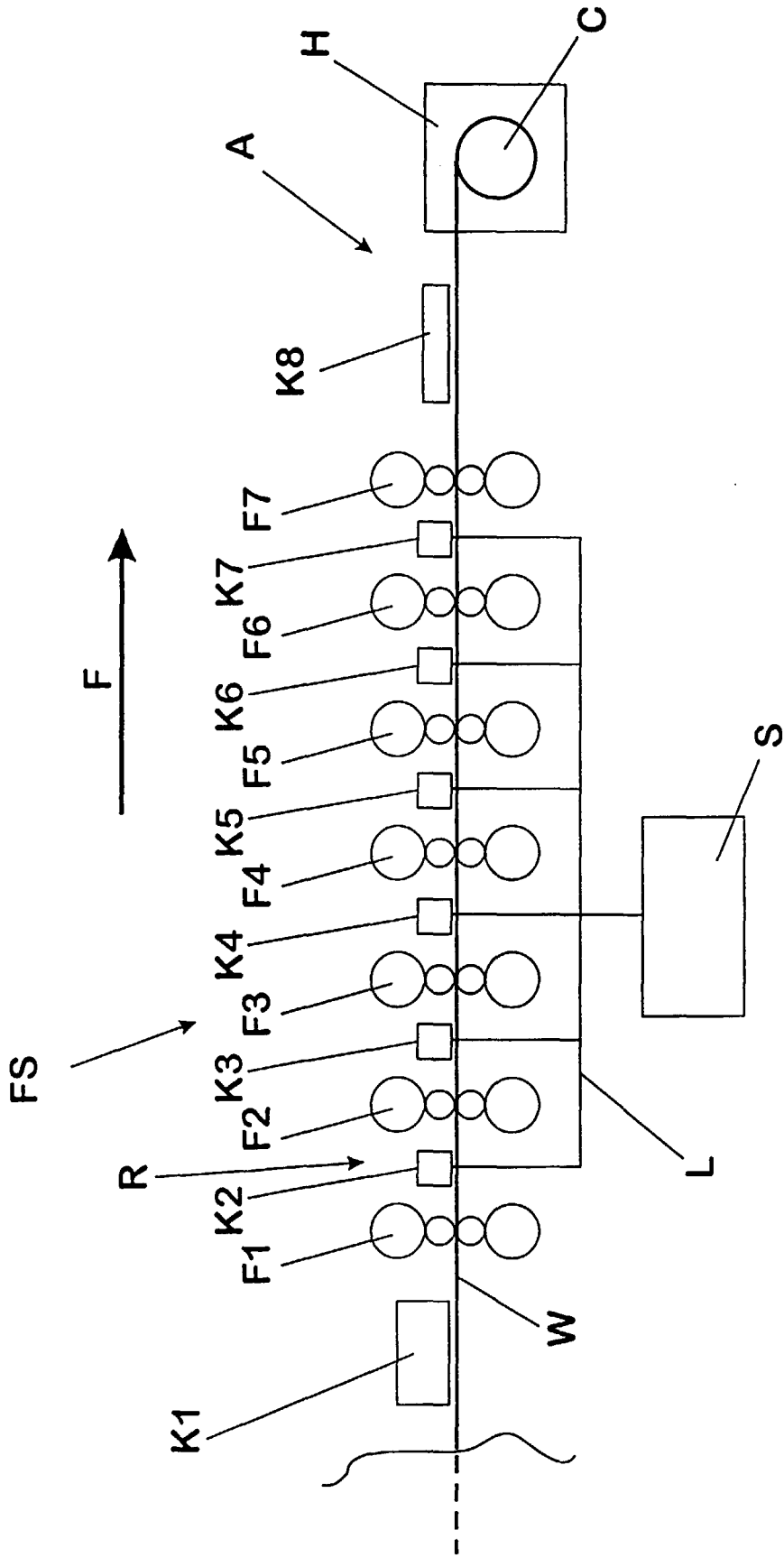


Fig. 1

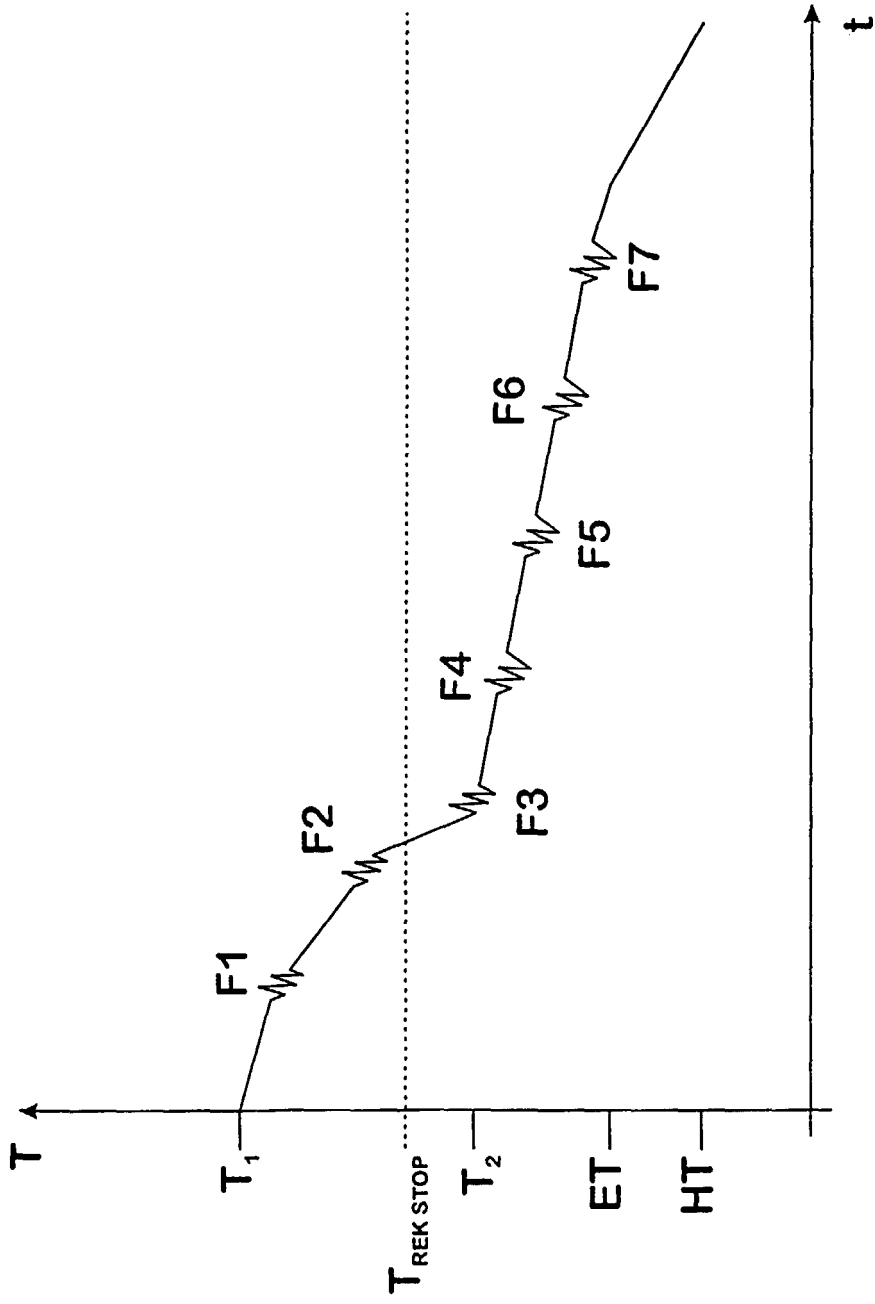


Fig. 2



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 00 10 3097

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Kategorie | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile | Betrifft Anspruch | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7) |
| X | WO 90 06821 A (DAVY MCKEE SHEFFIELD) 28. Juni 1990 (1990-06-28) * das ganze Dokument * | 14 | C21D8/02 B21B1/26 |
| D,Y | DE 197 25 434 A (SCHLOEMANN SIEMAG AG) 24. Dezember 1998 (1998-12-24) * Ansprüche; Abbildung 1 * | 1 | |
| Y | DE 34 37 637 A (THYSSEN STAHL AG) 24. April 1986 (1986-04-24) * Ansprüche 1,4 * | 1 | |
| A | WO 96 41024 A (IPSCO INC) 19. Dezember 1996 (1996-12-19) | | |
| A | US 4 662 950 A (ABRAMS HALLE ET AL) 5. Mai 1987 (1987-05-05) | | |
| A | DILG C ET AL: "TMCP PROCESS INCLUDING TWO ACCELERATED COOLING STAGES" CAHIERS D'INFORMATIONS TECHNIQUES DE LA REVUE DE METALLURGIE,FR,REVUE DE METALLURGIE. PARIS, Bd. 92, Nr. 7/08, 1. Juli 1995 (1995-07-01), Seiten 883-892, XP000550405 ISSN: 0035-1563 | | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7) C21D B21B |
| A,D | KAUP K ET AL: "OPTIMIERUNG DER WARMWALZBEDINGUNGEN ZUR VERBESSERUNG UND VERGLEICHMAESSIGUNG DER WERKSTOFFEIGENSCHAFTEN" STAHL UND EISEN,DE,VERLAG STAHLISEN GMBH. DUSSELDORF, Bd. 104, Nr. 20, 1984, Seiten 1017-1024, XP000907087 ISSN: 0340-4803 | | |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt | | | |
| Recherchenort DEN HAAG | | Abschlußdatum der Recherche 13. Juli 2000 | Prüfer Mollet, G |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur | | T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument | |

EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)

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

EP 00 10 3097

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

13-07-2000

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| WO 9006821 A | 28-06-1990 | AT 91646 T | 15-08-1993 |
| | | BR 8907828 A | 28-01-1992 |
| | | DE 68907728 D | 26-08-1993 |
| | | DE 68907728 T | 28-10-1993 |
| | | EP 0449868 A | 09-10-1991 |
| | | ES 2044546 T | 01-01-1994 |
| DE 19725434 A | 24-12-1998 | BR 9801994 A | 13-10-1999 |
| | | CN 1207965 A | 17-02-1999 |
| | | EP 0885974 A | 23-12-1998 |
| | | JP 11077102 A | 23-03-1999 |
| | | US 6030470 A | 29-02-2000 |
| DE 3437637 A | 24-04-1986 | KEINE | |
| WO 9641024 A | 19-12-1996 | US 5810951 A | 22-09-1998 |
| | | AU 5994196 A | 30-12-1996 |
| | | CA 2222792 A | 19-12-1996 |
| | | DE 19681466 T | 23-07-1998 |
| US 4662950 A | 05-05-1987 | KEINE | |

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82