

(19)



(11)

EP 4 206 336 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
05.07.2023 Patentblatt 2023/27

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
C21D 8/02 (2006.01) **C21D 9/46** (2006.01)
C22C 38/02 (2006.01) **C22C 38/04** (2006.01)
C22C 38/06 (2006.01) **C21D 1/02** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **21218235.6**

(22) Anmeldetag: **29.12.2021**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
C21D 8/0205; C21D 1/02; C21D 8/0226;
C21D 8/0242; C21D 8/0263; C21D 9/46;
C22C 38/02; C22C 38/04; C22C 38/06

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
 Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
 Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(71) Anmelder: **Voestalpine Grobblech GmbH**
4020 Linz (AT)

(72) Erfinder:
 • **Egger, Martin**
4040 Linz (AT)
 • **Klima, Martin**
4020 Linz (AT)
 • **Parteder, Erik**
4062 Kirchberg-Thening (AT)

(74) Vertreter: **Jell, Friedrich**
Bismarckstrasse 9
4020 Linz (AT)

(54) **GROBBLECH UND THERMOMECHANISCHES BEHANDLUNGSVERFAHREN EINES VORMATERIALS ZUR HERSTELLUNG EINES GROBBLECHS**

(57) Es wird ein Grobblech und ein thermomechanisches Behandlungsverfahren eines Vormaterials, insbesondere einer Bramme, zur Herstellung des Grobblechs bestehend aus einer Stahllegierung gezeigt. Ein Optimum an Zähigkeitswerten und Streckgrenzenverhältnis $R_{p0,2}/R_m$ kann gefunden werden, in dem in einer ersten Stufe (8a) nach dem zweiten Walzen (W2) von einer zweiten Endwalztemperatur, insbesondere $\geq Ar3$, des zweiten Walzens (W2) auf eine erste Temperatur (T1)

zwischen 250 und 500 °C, insbesondere auf 300 bis 450 °C, mit einer ersten Abkühlrate (KR1) abgekühlt und in einer nachfolgenden zweiten Stufe (8b) auf Raumtemperatur (RT) mit einer zweiten Abkühlrate (KR2) abgekühlt wird, wobei nach der ersten Stufe (8a), insbesondere während der zweiten Stufe (8b), gerichtet, insbesondere warmgerichtet, wird, und wobei die erste Abkühlrate (KR1) > der zweiten Abkühlrate (KR2) ist.

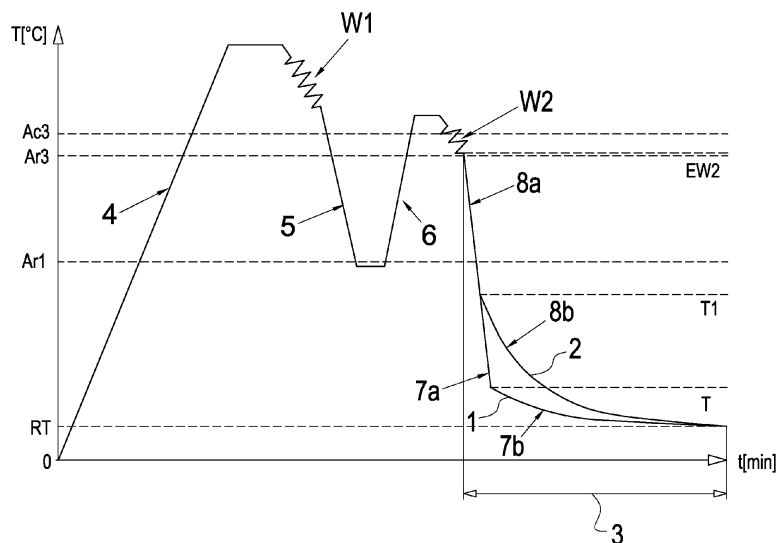


Fig. 1

EP 4 206 336 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein thermomechanisches Behandlungsverfahren zur Herstellung von Grobblech aus einer Stahllegierung.

5 **[0002]** Um die Zähigkeit, besonders die Tieftemperaturzähigkeit, eines Grobblechs aus einer Stahllegierung zu erhöhen, ist aus der WO2011/079341A2 ein thermomechanisches Behandlungsverfahren bekannt, bei dem das Grobblech mehrstufig warmgewalzt und zwischen zwei Warmwalzstichen beschleunigt auf unter Ar3-Temperatur abgekühlt und induktiv auf über Ac3-Temperatur erwärmt wird.

10 **[0003]** Nach dem letzten Warmwalzstich erfolgt eine zweistufige Abkühlung auf Raumtemperatur, zunächst mit einer beschleunigten Abkühlrate durch Wasserabschrecken bis zu einer Kühlstopptemperatur unterhalb von Ar3 und abschließend mit einer Abkühlung auf Raumtemperatur.

[0004] Trotz hoher Tieftemperaturzähigkeit können diese Grobbleche nach Herstellungsrouten einen hohen Anteil an inneren Spannungen aufweisen. Dies hat negative Einflüsse auf die Verarbeitbarkeit - beispielsweise beim Brennschnitt.

15 **[0005]** Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, ein thermomechanisches Behandlungsverfahren zur Herstellung von Grobblech zu schaffen, mit dem reproduzierbar ein spannungsarmes Grobblech mit hohen Zähigkeitswerten geschaffen werden kann.

[0006] Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe durch die Merkmale des Anspruchs 1.

20 **[0007]** Dadurch, dass in einer ersten Stufe nach dem zweiten Walzen von einer zweiten Endwalztemperatur, insbesondere \geq Ar3, des zweiten Walzens auf eine erste Temperatur zwischen 250 und 500 °C, insbesondere auf 300 bis 450 °C, mit einer ersten Abkühlrate KR1 abgekühlt und in einer nachfolgenden zweiten Stufe auf Raumtemperatur mit einer zweiten Abkühlrate KR2 abgekühlt wird, wobei nach der ersten Stufe, insbesondere während der zweiten Stufe, gerichtet, insbesondere warmgerichtet, wird, und wobei die erste Abkühlrate KR1 > der zweiten Abkühlrate KR2 ist, kann sowohl eine ausreichend hohe Zugfestigkeit R_m sichergestellt, als auch eine optimierte, vergleichsweise hohe Streckgrenze $R_{p0,2}$ erzielt werden.

25 **[0008]** Dieses optimierte, vergleichsweise hohe Streckgrenzenverhältnis $R_{p0,2}/R_m$, welches beispielsweise zwischen 0,70 und 0,90 liegen kann, bietet den Vorteil, dass die Umformbarkeit des Materials bei steigendem Streckgrenzenverhältnis ansteigt, allerdings sollte es nicht zu hoch sein, sodass ein gewisses "Sicherheitspolster" bei Überlastung hinsichtlich Materialüberbeanspruchung oder Risse noch gegeben sein kann. Insbesondere kann durch die beschleunigte Abkühlung das Gefüge des Stahlmaterials weiter positiv beeinflusst und der Anteil an bainitischen Strukturen erhöht werden. Das erfindungsgemäße Grobblech mit einer Stahllegierung, aufweisend jeweils in Gew.-%

	0,01 bis 0,20	Kohlenstoff (C),
	0,5 bis 2,50	Mangan (Mn),
35	0,05 bis 0,80	Silizium (Si),
	0,01 bis 0,20	Aluminium (Al),
	< 0,05	Phosphor (P),
	< 0,01	Schwefel (S)

40 und als Rest Eisen (Fe) sowie herstellungsbedingt unvermeidbare Verunreinigungen, beispielsweise mit jeweils maximal 0,05 Gew.-% und gesamt höchstens 0,15 Gew.-%, kann daher im Gegensatz zum Stand der Technik reproduzierbar bei vergleichsweise hohen Zähigkeitswerten erfindungsgemäß ein vergleichsweise hohes Streckgrenzenverhältnis $R_{p0,2}/R_m$ aufweisen.

45 **[0009]** Optional kann diese Stahllegierung jeweils in Gew.-% einzeln oder in Kombination aus der Gruppe:

	0 bis 1,5	Chrom (Cr)
	0 bis 1,0	Molybdän (Mo)
50	0 bis 1,0	Kupfer (Cu)
	0 bis 5,0	Nickel (Ni)
	0 bis 0,30	Vanadium (V)
	0 bis 0,20	Titan (Ti)
	0 bis 0,20	Niob (Nb)
55	0 bis 0,005	Bor (B)
	0 bis 0,015	Stickstoff (N)
	0 bis 0,01	Kalzium (Ca)

EP 4 206 336 A1

aufweisen.

[0010] In einer bevorzugten Ausführungsform weist die Stahllegierung (jeweils in Gew.-%)

5		0,02 bis 0,1	Kohlenstoff (C),
		1,0 bis 2,0	Mangan (Mn),
		0,1 bis 0,80	Silizium (Si),
		0,010 bis 0,15	Aluminium (Al),
		< 0,050	Phosphor (P) und
10		< 0,010	Schwefel (S)

auf. Dies kann die mechanischen Eigenschaften noch weiter verbessern.

[0011] Optional kann die Stahllegierung einzeln oder in Kombination aus der Gruppe (jeweils in Gew.-%):

15		0 bis 0,75	Kupfer (Cu)
		0 bis 3,0	Nickel (Ni)
		0 bis 0,20	Vanadium (V)
		0 bis 0,003	Bor (B)

20 aufweisen.

[0012] Vorzugsweise ist die erste Temperatur (T1) in Grad Celsius

$$25 \quad T1 \geq TM_{min} + \Delta T_{min} * e^{(-C_{min} * Dicke^{N_{min}})}$$

mit $TM_{min} = 450$, $\Delta T_{min} = -390$, $C_{min} = 0,032$ und $N_{min} = 0,85$ und der Dicke = Dicke des Grobblechs in Millimetern. Mit dieser Untergrenze kann im Verfahren die gewünschte Gefügeausbildung bei der erfindungsgemäßen Stahllegierung noch reproduzierbarer erzeugt werden, um ein hohes Streckgrenzenverhältnis $R_{p0,2}/R_m$ bei hoher Zähigkeit zu erreichen.

30 **[0013]** Vorzugsweise ist die erste Temperatur (T1) in Grad Celsius

$$35 \quad T1 \leq TM_{max} + \Delta T_{max} * e^{(-C_{max} * Dicke^{N_{max}})}$$

mit $TM_{max} = 730$, $\Delta T_{max} = -210$, $C_{max} = 0,025$ und $N_{max} = 0,95$ und der Dicke = Dicke des Grobblechs in Millimetern. Mit dieser Obergrenze im Verfahren kann die gewünschte Gefügeausbildung bei der erfindungsgemäßen Stahllegierung noch reproduzierbarer erzeugt werden, um ein hohes Streckgrenzenverhältnis $R_{p0,2}/R_m$ bei hoher Zähigkeit zu erreichen.

40 **[0014]** Bei allen Formelangaben sind die Dicken in mm und die Temperaturen in °C und die Abkühlraten in °C/s zu verwenden.

[0015] Beträgt das Verhältnis von der ersten Abkühlrate KR1 zur zweiten Abkühlrate KR2 mindestens 2:1, kann dies ermöglichen die gewünschte Gefügeausbildung, bestehend aus Ferrit, Bainit und gegebenenfalls Martensit, reproduzierbarer zu erzeugen und damit ein hohes Streckgrenzenverhältnis $R_{p0,2}/R_m$ bei hoher Zähigkeit zu erreichen. Dies insbesondere, wenn das Verhältnis von der ersten Abkühlrate KR1 zur zweiten Abkühlrate KR2 mindestens 3:1, ist. Die Gefügebildung kann weiter in Richtung Martensit verschoben werden, welche durch die KR1 maßgeblich beeinflusst werden kann - daher kann der Wert der Zugfestigkeit umso höher liegen, je höher das Abkühlratenverhältnis gewählt wurde. Die Streckgrenze hingegen kann dadurch negativ beeinflusst werden. Je nach Kundenforderung an die mechanischen Werte des gewünschten Produkts kann das Abkühlratenverhältnis ausgewählt werden.

50 **[0016]** Wenn die zweite Abkühlrate (KR2) ≤ 5 °C/s, insbesondere ≤ 3 °C/s, beträgt, werden die Gefügebildung und die mechanischen Eigenschaften vergleichsweise wenig beeinflusst.

[0017] Beispielsweise wird nach dem Ende der Schnellkühlung, nämlich der Abkühlung mit der ersten Abkühlrate (KR1), also bei einer Temperatur im Bereich von T1 bzw. geringfügig darunter, mit einem Plastifizierungsgrad von 40 bis 80% gerichtet, insbesondere warmgerichtet. Dies kann ein optimales Verhältnis aus der Ebenheit (hoher Plastifizierungsgrad vorteilhaft), der Streckgrenze und Zähigkeit bewirken. Ein zu hoher Plastifizierungsgrad könnte zu unerwünschten hohen Werten für das Streckgrenzenverhältnis führen. Überraschenderweise kann dieses "warme" Richten, also ein Richten deutlich über der Raumtemperatur (beispielsweise im Bereich von 250 bis 500°C) gute mechanische

Eigenschaften bewirken.

[0018] Es wird vermutet, dass zwar eine geringere Kaltverfestigung als beim "kalten" Richten bewirkt wird, andererseits aber der Effekt von Ausscheidungen durch das "warme" Richten deutlich stärker ausgeprägt auftritt und dies überraschend ebenfalls zu den optimierten Eigenschaften der guten Umformeigenschaften führen kann.

[0019] Vorzugsweise wird auf eine Dicke des Grobblechs im Bereich von 8 bis 150 mm (Millimeter), insbesondere im Bereich von 25 bis 120 mm, endumgeformt.

[0020] Vorzugsweise erfolgt das Richten bei einer Richttemperatur innerhalb eines Temperaturbereichs von erster Temperatur (T1) bis erster Temperatur (T1) abzüglich 100 °C.

[0021] Es ist zudem die Aufgabe der Erfindung ein Grobblech zu schaffen, das trotz hoher Zähigkeitswerte ein vergleichsweise hohes Streckgrenzenverhältnis $R_{p0,2}/R_m$ aufweist.

[0022] Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe durch die Merkmale des Anspruchs 11.

[0023] Erfindungsgemäß kann durch das thermomechanische Behandlungsverfahren das Grobblech ein Streckgrenzenverhältnis $R_{p0,2}/R_m$ von $< 0,9$ aufweisen. Vorzugsweise ist das Streckgrenzenverhältnis $R_{p0,2}/R_m < 0,90$.

[0024] In einer bevorzugten Ausführungsform weist das Grobblech ein Streckgrenzenverhältnis $R_{p0,2}/R_m$ von $> 0,70$ auf.

[0025] Vorzugsweise weist das Grobblech eine Dicke im Bereich von 8 bis 150 mm, insbesondere im Bereich von 25 bis 120 mm, auf.

[0026] Im Allgemeinen wird erwähnt, dass bei einem Vormaterial aufgrund dessen vergleichsweise hohen Dicke sich über die Dicke des Vormaterials verschiedenste Abkühlraten und/oder Heizraten ausbilden. Beispielsweise kann eine Abkühlrate auf der Außenseite des Vormaterials wesentlich höher sein als jene Abkühlrate in seinem Kern. Daher ist die jeweilige Abkühlrate (KR1, KR2) oder Heizrate von der Anfangstemperatur bis zur Endtemperatur ein Durchschnittswert, nämlich eine über die Dicke des Vormaterials gemittelte Abkühlrate oder Heizrate von der Anfangstemperatur bis zur Endtemperatur.

[0027] In den Figuren ist beispielsweise der Erfindungsgegenstand anhand einer Ausführungsvariante näher dargestellt. Es zeigen

Fig. 1 Temperaturprofile von zwei thermomechanischen Behandlungsverfahren,
 Fig. 2 zwei unterschiedliche erfindungsgemäße Legierungszusammensetzungen,
 Figuren 3a und 3b eine Gegenüberstellung von mechanischen Kennwerten für die Legierungen aus Figur 2 bei unterschiedlichen Dicken, hergestellt nach unterschiedlichen Verfahren, wobei Figur 3a ein Grobblech mit 25 mm Dicke und Figur 3b ein Grobblech mit 50 mm Dicke zeigen und
 Fig. 4 eine schematische Darstellung des optimalen Prozessfensters für die erfindungsgemäße ersten Temperatur T1 (Kühlstoptemperatur).

[0028] Nach Fig. 1 werden zwei Temperaturprofile 1, 2 eines thermomechanisches Behandlungsverfahren zur Herstellung eines Grobblechs A, B aus einer Stahllegierung dargestellt. Beide Grobbleche A, B weisen die gleiche Stahllegierung mit

0,060 Gew.-%	(C) Kohlenstoff,
0,34 Gew.-%	(Si) Silizium,
1,63 Gew.-%	(Mn) Mangan,
0,012 Gew.-%	(P) Phosphor,
0,001 Gew.-%	(S) Schwefel,
0,04 Gew.-%	(Al) Aluminium,
0,40 Gew.-%	(Cr) Chrom,
0,01 Gew.-%	(Ni) Nickel,
0,20 Gew.-%	(Mo) Molybdän,
0,035 Gew.-%	(Nb) Niob,
0,014 Gew.-%	(Ti) Titan,
0,0003 Gew.-%	(B) Bor,
0,0045 Gew.-%	(N) Stickstoff,
0,0018 Gew.-%	(Ca) Kalzium

und als Rest Eisen (Fe) sowie herstellungsbedingt unvermeidliche Verunreinigungen mit jeweils maximal 0,05 Gew.-% und gesamt höchstens 0,15 Gew.-% auf. Die Dicke der Grobbleche A, B beträgt jeweils 25 mm (Millimeter).

[0029] Nach Fig. 1 ist zu erkennen, dass das erste Temperaturprofil 1 und das zweite Temperaturprofil 2 sich am

Ende des Verfahrens der mehrstufigen Abkühlung 3 auf Raumtemperatur RT unterscheiden. Die vorangehenden Verfahrensschritte sind gleich. So durchläuft das Vormaterial, nämlich Bramme, des jeweiligen Grobblechs A, B eine Erwärmung 4 auf über Ac3-Temperatur, nämlich 1100 °C (Grad Celsius), beispielsweise mit einer Einrichtung zur Brammenerwärmung.

5 **[0030]** Das Vormaterial wird anschließend durch erstes Walzen W1 teilumgeformt.

[0031] Dem schließt ein beschleunigtes Abkühlen 5, nämlich Abschrecken vorzugsweise Wasserabschreckung, an, mit dem das Vormaterial von der ersten Walzendtemperatur, die über Ac3 liegt, auf unter Ar3-Temperatur abgekühlt wird, nämlich - wie in Fig. 1 zu erkennen - wird das Vormaterial auf unter Ar1 Temperatur abgekühlt bzw. abgeschreckt.

10 **[0032]** Dem folgt unmittelbar eine schnelle, bevorzugt induktive, Erwärmung 6 auf über Ac3-Temperatur, mit welcher Temperatur als Walzanfangstemperatur das Vormaterial einem zweiten Walzen W2 auf eine Dicke des Grobblechs (Enddicke des Vormaterials) endumgeformt wird

[0033] Das Vormaterial verlässt das zweite Walzen W2 mit einer zweiten Endwalztemperatur $EW2 \geq Ar3$, nämlich 830 °C. Anstatt des induktiven Erwärmens ist sind auch andere Heizquellen vorstellbar, beispielsweise Quellen mit Strahlungswärme. Dieses schnelle Erwärmen, sei es nun induktiv oder mit Strahlungswärme etc., erfolgt mit mindestens 12°C/min.

[0034] An dieses zweite Walzen W2, was auch als Endwalzen bezeichnet werden kann, schließen zwei unterschiedliche mehrstufige Abkühlungen 3 auf Raumtemperatur RT (welche üblicherweise bei diesen Verfahren zwischen 0 und 60 Grad Celsius liegt, beispielsweise 20 Grad Celsius beträgt) an.

20 **[0035]** So wird das Vormaterial des Grobblechs A in einer ersten Stufe 7a der Abkühlung 3 nach dem Endwalzen W2 von der zweiten Endwalztemperatur auf eine Temperatur T, nämlich 100 °C, beschleunigt durch Wasserabschrecken mit 20 °C/s abgekühlt bzw. abgeschreckt. Danach wird das Vormaterial bei dieser Temperatur T gerichtet. An das Abschrecken schließt eine Abkühlung mit 0,1 °C/s an ruhender Luft bei Umgebungstemperatur auf Raumtemperatur RT als darauffolgende zweite Stufe 7b der mehrstufigen Abkühlung 3 an.

25 **[0036]** Die erfindungsgemäße mehrstufige Abkühlung 3 ist am Vormaterial des Grobblechs B zu erkennen. Hier wird nach dem Endwalzen W2 in einer ersten Stufe 8a das Vormaterial mit einer ersten Abkühlrate KR1, nämlich 20 °C/s, durch Wasserabschrecken von der zweiten Endwalztemperatur EW2 auf eine erste Temperatur T1, nämlich auf 420 °C (Grad Celsius), beschleunigt abgekühlt bzw. abgeschreckt.

30 **[0037]** Danach wird das Vormaterial warmgerichtet, und zwar mit einem Plastifizierungsgrad von 50%. Das Vormaterial weist beim Richten um die 420 °C (Grad Celsius) auf. Eine gewisse Abkühlung bis zum Beginn des Richtens kann aber nicht ausgeschlossen werden. Spätestens erfolgt das Warmrichten bei 320 Grad Celsius am Vormaterial.

[0038] In einer nachfolgenden zweiten Stufe 8b wird das Vormaterial mit einer zweiten Abkühlrate KR2, nämlich 0,1 °C/s an ruhender Luft bei Umgebungstemperatur auf Raumtemperatur (RT) abgekühlt. Das Warmrichten kann aber auch in der zweiten Stufe erfolgen.

35 **[0039]** Wie zudem in der Fig. 1 zu erkennen ist, ist die erste Abkühlrate KR1 > zweite Abkühlrate KR2, nämlich um einen Faktor von 200 größer als die zweite Abkühlrate KR2.

[0040] Im Allgemeinen wird erwähnt, dass unter einem beschleunigten Abkühlen eine schnellere Abkühlung als eine Abkühlung bei Raumtemperatur und ruhender Luft verstanden werden kann, was auch oftmals als Abschrecken bezeichnet wird.

[0041] Als Vormaterial ist auch ein Block oder ein Knüppel denkbar.

40 **[0042]** Zudem kann das erste und/oder zweite Walzen aus einem oder mehreren Teilwalzen mit eventuell mehreren Teilwalzschritten (Stichen) bestehen, was beispielsweise durch ein reversierendes Walzen möglich ist.

[0043] Dieser Verfahrensunterschied in der mehrstufigen Abkühlung 3 führt bei den Grobblechen zu den angeführten mechanischen Kennwerten. Spannung σ und Dehnung ε wurden mit mittels Zugversuch (Zugprüfung laut Norm DIN EN 10002-1) und die Zähigkeit wurde mittels einer Kerbschlagbiegeprüfung laut Norm DIN EN ISO 148-1 ermittelt.

45 **[0044]** Grobblech A (nicht erfindungsgemäßes Verfahren mit Temperaturprofil 1) weist folgende Werte auf:

$$R_{p0,2} = 444 \text{ N/mm}^2$$

$$R_m = 673 \text{ N/mm}^2$$

$$R_{p0,2}/R_m = 0,66$$

50

[0045] Grobblech B (erfindungsgemäßes Verfahren mit Temperaturprofil 2) weist folgende Werte auf:

$$R_{p0,2} = 502 \text{ N/mm}^2$$

$$R_m = 668 \text{ N/mm}^2$$

$$R_{p0,2}/R_m = 0,75$$

55

[0046] Grobblech B weist daher im Vergleich mit Grobblech A höhere Zähigkeitswerte und ein gewünschtes Streckgrenzenverhältnis $R_{p0,2}/R_m$ im Bereich von 0,70 bis 0,90 auf.

[0047] Weitere Ausführungsbeispiele sind in den Figuren 2, 3a und 3b dargestellt.

[0048] Figur 2 zeigt zwei unterschiedliche erfindungsgemäße Legierungszusammensetzungen, deren Elemente jeweils in Gew.-% angegeben sind. Als Rest weisen diese Legierungen Eisen (Fe) sowie herstellungsbedingt unvermeidliche Verunreinigungen mit jeweils maximal 0,05 Gew.-% und gesamt höchstens 0,15 Gew.-% auf.

[0049] Legierung 1 weist etwas höhere Werte an Kohlenstoff und Chrom auf und kann daher höhere mechanische Eigenschaften erreichen. Je nach Kundenwunsch kann aber auch eine niedrigere Zugfestigkeit gewünscht sein, wie Legierung 2 zeigt. Es wurden Grobbleche mit diesen Legierungen 1 und 2 hergestellt.

[0050] Bei den erfindungsgemäßen Beispielen (jeweils auf der rechten Seite der Figuren 3a und 3b) wurde das Richten bei T1 mit einem Plastifizierungsgrad von 50% durchgeführt. Bei den nicht erfindungsgemäßen Vergleichsbeispielen (jeweils auf der linken Seite der Figuren 3a und 3b) wurde das Richten bei T durchgeführt.

[0051] Zusätzlich wurde die erste Abkühlrate KR1 variiert, wobei bei den Beispielen mit 25mm Dicken, welche in Figur 3a dargestellt; diese sind einmal mit KR1=18°C/s und einmal mit KR1=29°C/s gewählt worden.

[0052] In Figur 3b werden die Ergebnisse der Bleche mit 50mm Dicke dargestellt, wobei die erste Abkühlrate (KR1) einmal 10 °C/s und einmal 13 °C/s betrug.

[0053] Man kann in den Figur 3a und 3b deutlich erkennen, dass je nach Varianz der ersten Temperatur T1 bzw. Kühlstopptemperatur im erfindungsgemäßen Bereich von 250 bis 500°C sich ausgezeichnete mechanische Ergebnisse, insbesondere ein optimiertes Streckgrenzenverhältnis ($R_{p0,2}/R_m$), einstellen.

[0054] Dies kann mit beiden Legierungen realisiert werden, wobei die Legierung 2 hier vergleichsweise niedrigere mechanische Eigenschaften, insbesondere Zugfestigkeit, aufweist.

[0055] Figur 4 zeigt schematisch den optimalen Bereich der ersten Temperatur T1, bezeichnet als Kühlstopptemperatur, und liefert entsprechende Erklärungen. Der Kunde benötigt je nach Anforderung/Spezifikation für sein gewünschtes Bauteil ein Grobblech mit einem spezifischen Fenster an Zugfestigkeit (R_m) und Streckgrenze $R_{p0,2}$ (0,2 %-Dehngrenze) - diese sollten jeweils in einem gewissen Bereich liegen, um das Produkt entsprechend verarbeiten zu können.

[0056] Die Erfinder haben erkannt, dass durch geeignete Einstellung der Kühlstopptemperatur (T1) die mechanischen Eigenschaften beeinflusst werden können, als auch insbesondere das Streckgrenzenverhältnis (STV), nämlich $R_{p0,2}/R_m$, optimiert werden kann. Dabei werden bei einer zu niedrigeren erste Temperatur T1 zum Beispiel unter 250°C die Zugfestigkeit zu hoch und/oder die Streckgrenze zu niedrig. Auf der anderen Seite, bei einer zu hohen ersten Temperatur T1, sinkt wiederum die Zugfestigkeit ab bzw. wird die Streckgrenze gegebenenfalls sogar zu hoch, wodurch das Streckgrenzenverhältnis vergleichsweise ungünstig wird. Daher muss ein optimaler Bereich für T1 gewählt werden, welcher erfindungsgemäß im Bereich von 250°C bis 500°C, insbesondere im Bereich von 300°C bis 450°C, liegt.

[0057] Gegebenenfalls können durch geeignete Einstellung der Richttemperatur die mechanischen Eigenschaften weiter beeinflusst werden - als auch kann insbesondere das Streckgrenzenverhältnis (STV), nämlich $R_{p0,2}/R_m$, weiter optimiert werden.

[0058] Im Allgemeinen wird erwähnt, dass gemäß der DIN EN 10052 folgende Definitionen bestehen:

Ac3: Temperatur, bei der die Umwandlung des Ferrits in Austenit bei einem Wärmen endet.

Ar1: Temperatur, bei der die Umwandlung des Austenits in Ferrit oder in Ferrit und Zementit bei einem Abkühlen endet.

Ar3: Temperatur, bei der die Bildung des Ferrits bei einem Abkühlen beginnt.

Patentansprüche

1. Thermomechanisches Behandlungsverfahren eines Vormaterials, insbesondere einer Bramme, zur Herstellung eines Grobblechs bestehend aus einer Stahllegierung, aufweisend jeweils in Gew.-%

0,01 bis 0,20	Kohlenstoff (C),
0,5 bis 2,50	Mangan (Mn),
0,05 bis 0,80	Silizium (Si),
0,01 bis 0,20	Aluminium (Al),
< 0,05	Phosphor (P),
< 0,01	Schwefel (S),

optional einzeln oder in Kombination aus der Gruppe:

0 bis 1,5	Chrom (Cr)
-----------	------------

EP 4 206 336 A1

(fortgesetzt)

5	0 bis 1,0	Molybdän (Mo)
	0 bis 1,0	Kupfer (Cu)
	0 bis 5,0	Nickel (Ni)
	0 bis 0,30	Vanadium (V)
	0 bis 0,20	Titan (Ti)
	0 bis 0,20	Niob (Nb)
10	0 bis 0,005	Bor (B)
	0 bis 0,015	Stickstoff (N)
	0 bis 0,01	Kalzium (Ca)

15 und als Rest Eisen (Fe) sowie herstellungsbedingt unvermeidbare Verunreinigungen, welches Behandlungsverfahren folgende Schritte umfasst:

Erwärmen auf über Ac3-Temperatur und Teilumformen durch ein erstes Walzen (W1),
beschleunigtes Abkühlen nach dem ersten Walzen (W1) von einer ersten Walzendtemperatur auf unter Ar3-
Temperatur, insbesondere auf unter Ar1-Temperatur,
20 Erwärmen nach diesem beschleunigten Abkühlen auf eine zweite Walzanfangstemperatur für ein zweites Walzen (W2) über Ac3-Temperatur und Endumformen durch dieses zweite Walzen (W2) auf eine Dicke des Grobblechs und
mehrstufige Abkühlung mit zumindest einem Richten nach dem Endumformen, indem
25 in einer ersten Stufe (8a) nach dem zweiten Walzen (W2) von einer zweiten Endwalztemperatur, insbesondere \geq Ar3, des zweiten Walzens (W2) auf eine erste Temperatur (T1) zwischen 250 und 500 °C, insbesondere auf 300 bis 450 °C, mit einer ersten Abkühlrate (KR1) abgekühlt und
in einer nachfolgenden zweiten Stufe (8b) auf Raumtemperatur (RT) mit einer zweiten Abkühlrate (KR2) abgekühlt wird,
30 wobei nach der ersten Stufe (8a), insbesondere während der zweiten Stufe (8b), gerichtet, insbesondere warmgerichtet, wird,
und wobei die erste Abkühlrate (KR1) > der zweiten Abkühlrate (KR2) ist.

35 2. Thermomechanisches Behandlungsverfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Temperatur (T1) in Grad Celsius

$$\geq TM_{min} + \Delta T_{min} * e^{(-C_{min} * Dicke^{N_{min}})}$$

40 mit

45 $TM_{min} = 450$
 $\Delta T_{min} = -390$
 $C_{min} = 0,032$
 $N_{min} = 0,85$

und
Dicke = Dicke des Grobblechs in Millimetern ist.

50 3. Thermomechanisches Behandlungsverfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Temperatur (T1) in Grad Celsius

$$\leq TM_{max} + \Delta T_{max} * e^{(-C_{max} * Dicke^{N_{max}})}$$

mit

EP 4 206 336 A1

TMmax = 730
DeltaTmax = -210
Cmax = 0,025
Nmax = 0,95

5

und

Dicke = Dicke des Grobblechs in Millimetern ist.

10

4. Thermomechanisches Behandlungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verhältnis von der ersten Abkühlrate (KR1) zur zweiten Abkühlrate (KR2) mindestens 2:1, insbesondere mindestens 3:1, beträgt.

15

5. Thermomechanisches Behandlungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Abkühlrate (KR2) ≤ 5 °C/s, insbesondere ≤ 3 °C/s, ist.

20

6. Thermomechanisches Behandlungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** mit einem Plastifizierungsgrad von 40 bis 80 % gerichtet, insbesondere warmgerichtet, wird.

7. Thermomechanisches Behandlungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf eine Dicke des Grobblechs im Bereich von 8 bis 150 mm, insbesondere im Bereich von 25 bis 120 mm, endumgeformt wird.

25

8. Thermomechanisches Behandlungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stahllegierung jeweils in Gew.-%

30

0,02 bis 0,1	Kohlenstoff (C),
1,0 bis 2,0	Mangan (Mn),
0,1 bis 0,80	Silizium (Si),
0,010 bis 0,15	Aluminium (Al),
< 0,050	Phosphor (P) und
< 0,010	Schwefel (S)

aufweist.

35

9. Thermomechanisches Behandlungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stahllegierung jeweils in Gew.-% optional einzeln oder in Kombination aus der Gruppe:

40

0 bis 0,75	Kupfer (Cu)
0 bis 3,0	Nickel (Ni)
0 bis 0,20	Vanadium (V)
0 bis 0,003	Bor (B)

45

aufweist.

10. Thermomechanisches Behandlungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Richten bei einer Richttemperatur innerhalb eines Temperaturbereichs von erster Temperatur (T1) bis erster Temperatur (T1) abzüglich 100 °C erfolgt.

50

11. Grobblech, hergestellt durch das thermomechanische Behandlungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Grobblech ein Streckgrenzenverhältnis ($R_{p0,2}/R_m$) von $< 0,9$, insbesondere von $< 0,90$, aufweist.

55

12. Grobblech nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Grobblech ein Streckgrenzenverhältnis ($R_{p0,2}/R_m$) von $> 0,70$ aufweist.

13. Grobblech nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Grobblech eine Dicke im Bereich von

EP 4 206 336 A1

8 bis 150 mm, insbesondere im Bereich von 25 bis 120 mm, aufweist.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

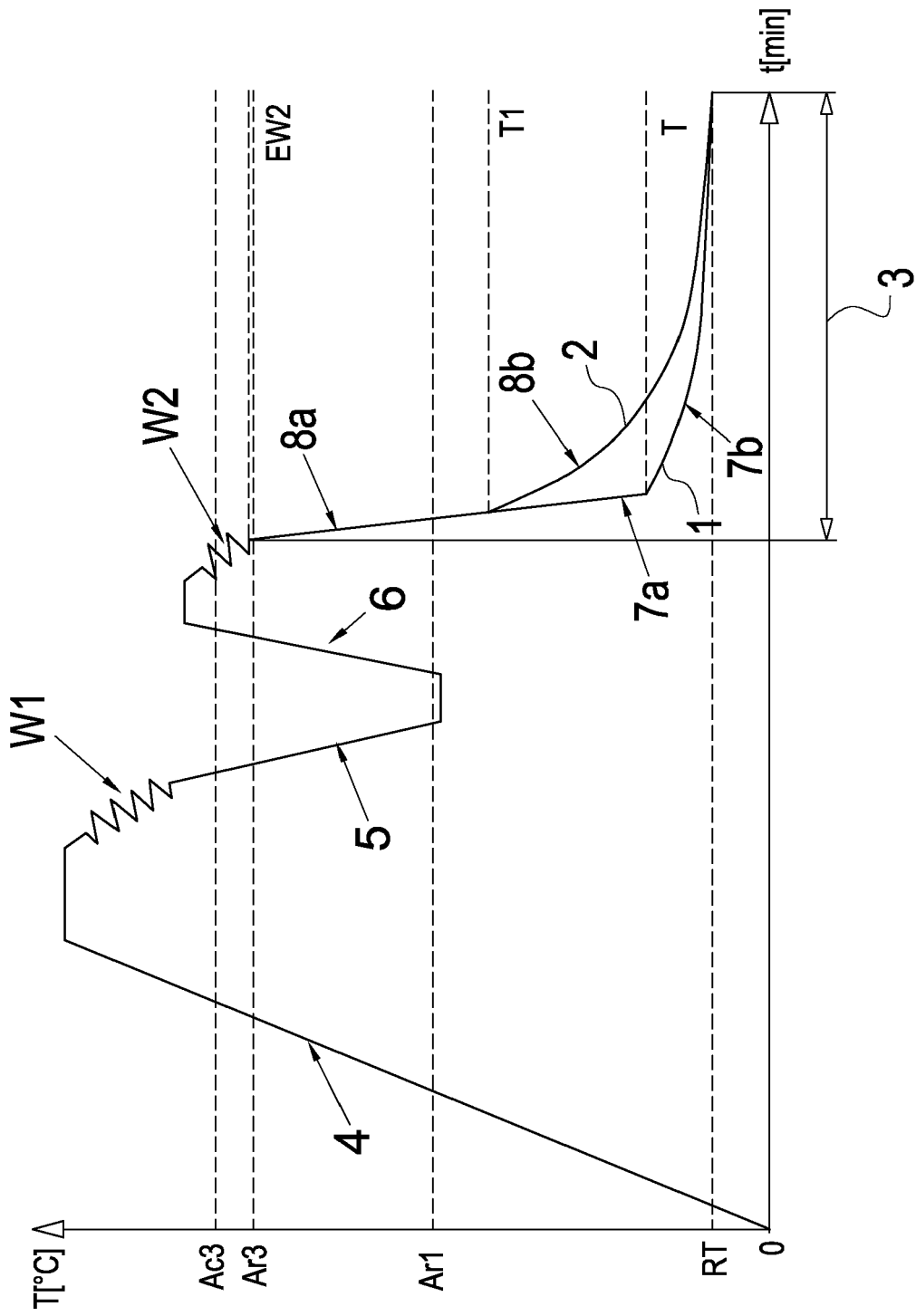


Fig. 1

LEGIERUNG	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Ni	Mo	Cu	V	Nb	Ti	B	N
Legierung 1	0,060	0,34	1,63	0,012	0,0010	0,04	0,40	0,01	0,20	0,01	0,004	0,035	0,014	0,0003	0,0045
Legierung 2	0,030	0,35	1,55	0,012	0,0010	0,03	0,18	0,01	0,01	0,01	0,004	0,040	0,012	0,0003	0,0044

Fig. 2

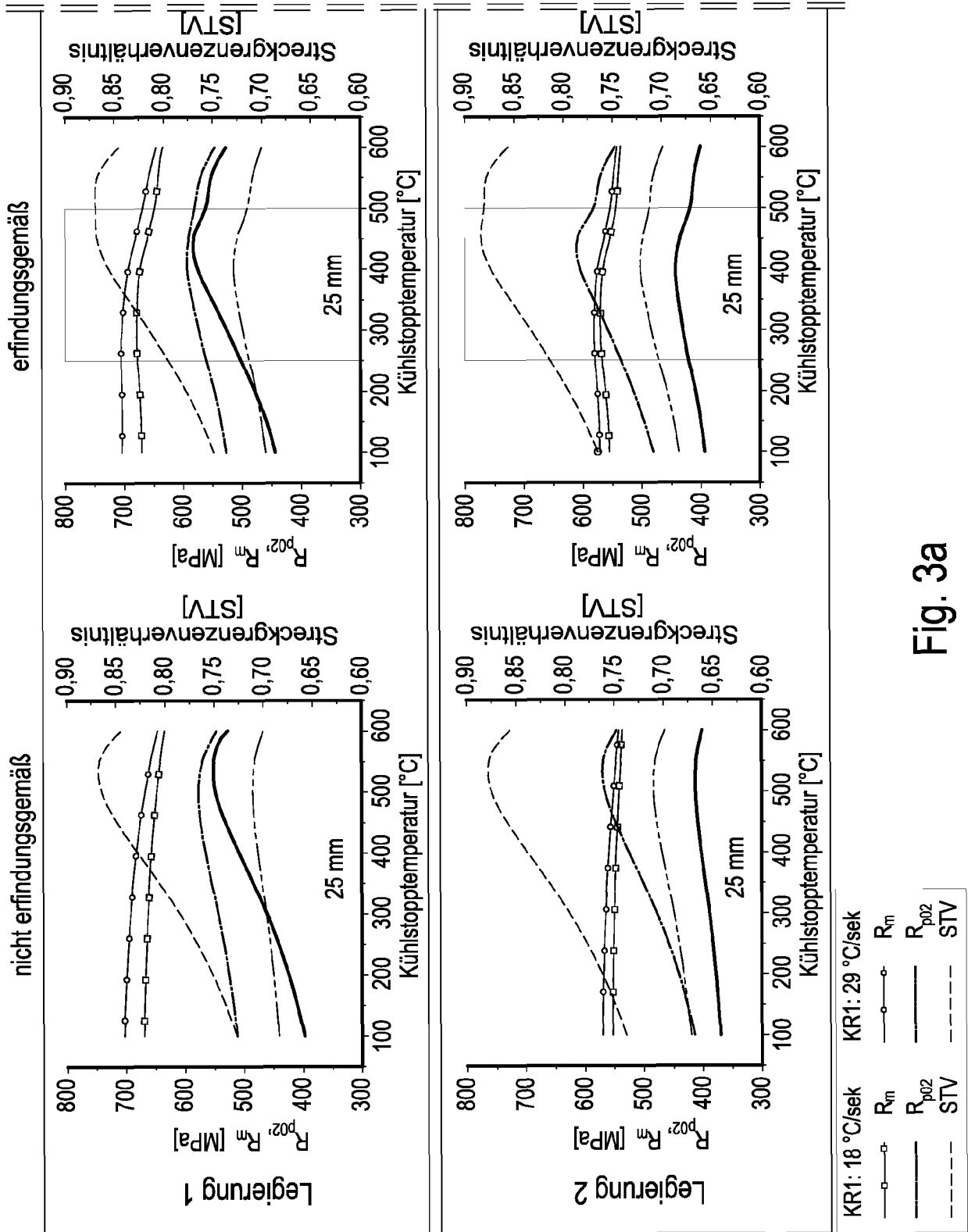


Fig. 3a

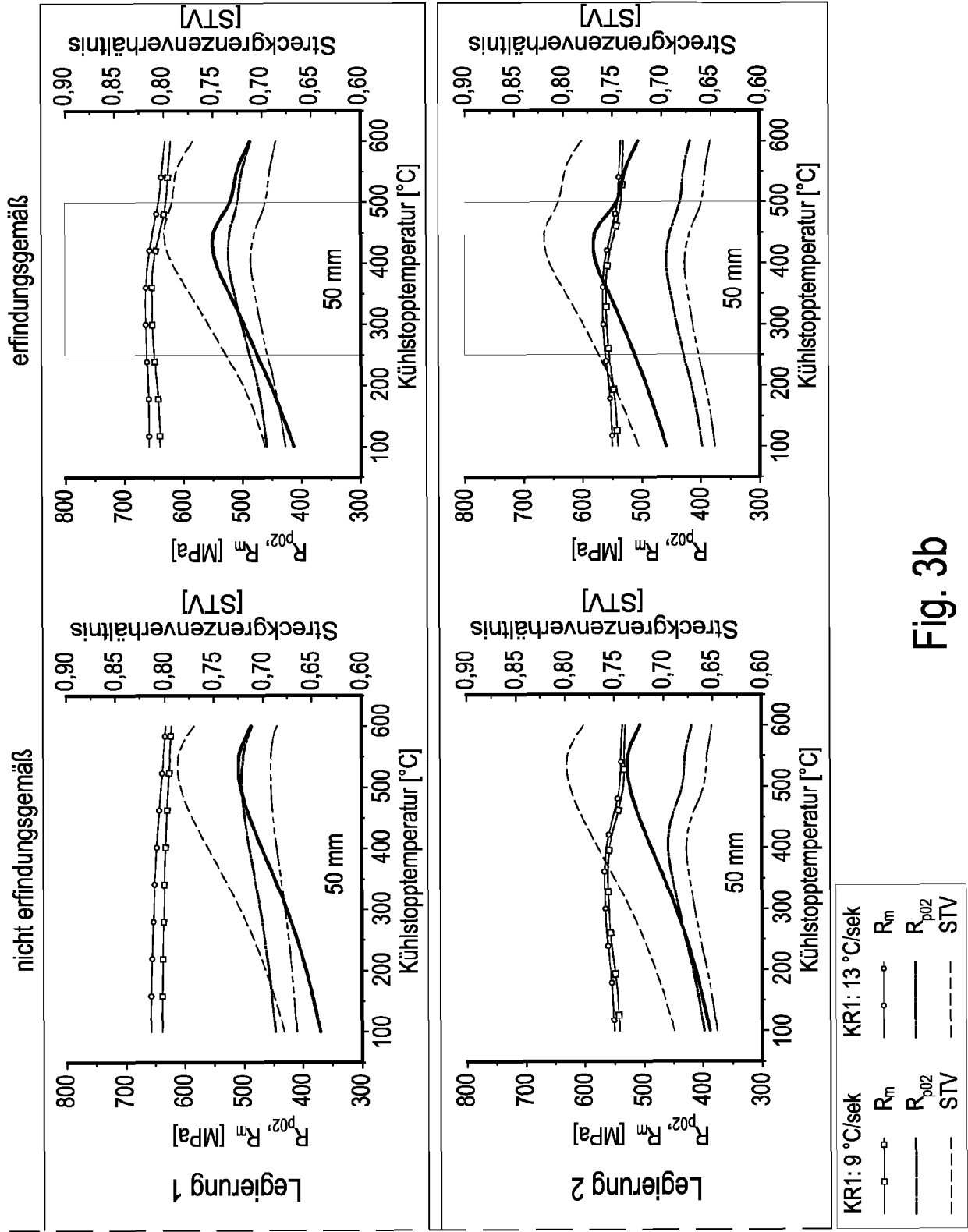


Fig. 3b

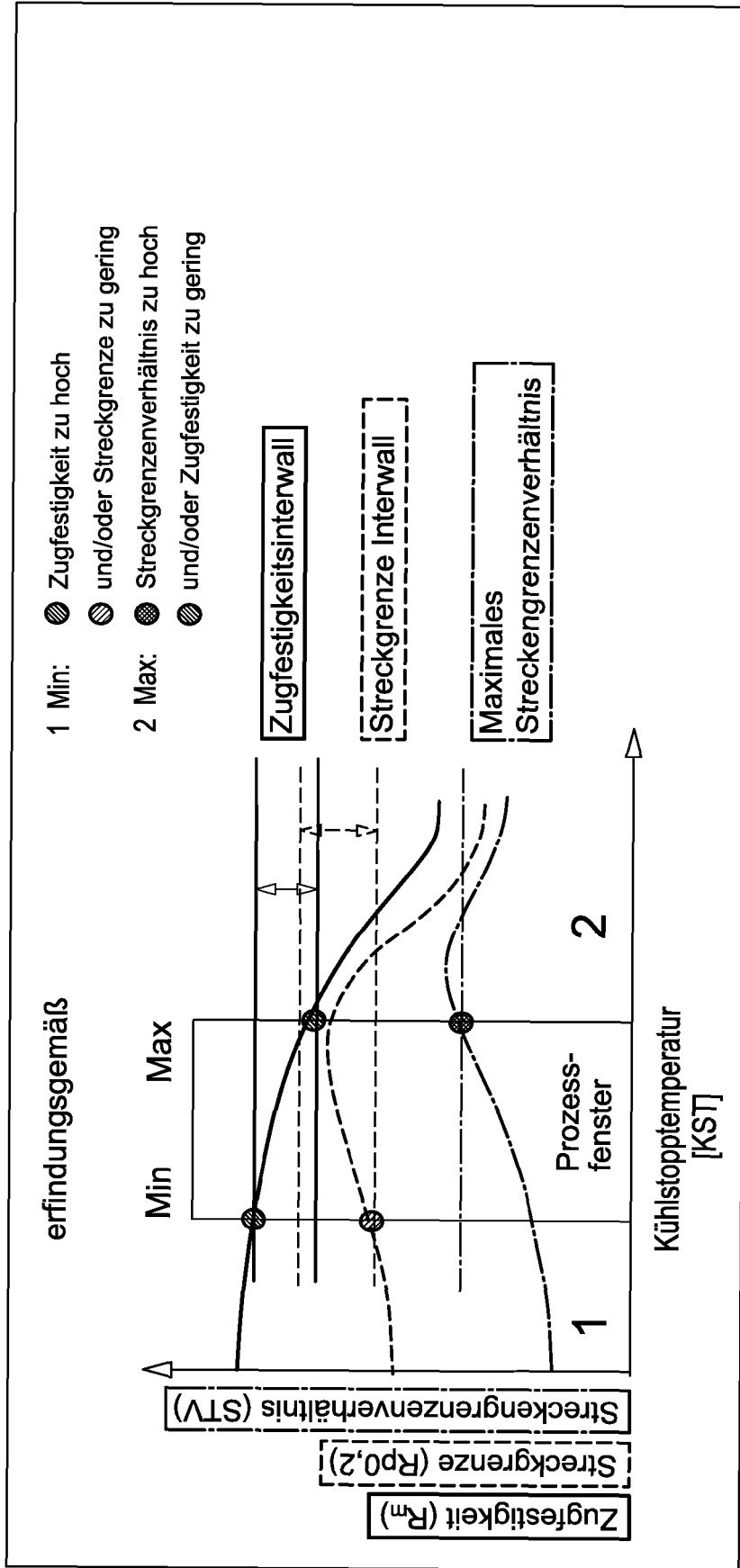


Fig. 4



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 21 21 8235

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	JP S63 20414 A (SUMITOMO METAL IND) 28. Januar 1988 (1988-01-28) * Tab. 1+2, A-P, Tab. 3, 1-12, 17, 19, 20; S. 74; Anspr. 1 * -----	1-13	INV. C21D8/02 C21D9/46 C22C38/02 C22C38/04 C22C38/06 C21D1/02
X	JP 2015 218360 A (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORP) 7. Dezember 2015 (2015-12-07) * Tab. 1, 1-5; Tab. 2+3, 11-51 * -----	11-13	
X	JP 2013 139610 A (JFE STEEL CORP) 18. Juli 2013 (2013-07-18) * Tab. 1, A-H, M-O; Tab. 3, 1-13, 15, 17-25, 27-32, 0060 * -----	11-13	
X	JP 2012 207237 A (JFE STEEL CORP) 25. Oktober 2012 (2012-10-25) * Tabellen 4-6 * -----	11-13	
A	MEICHSNER WALTER ET AL: "Secondary steelmaking to ensure stringent quality demands in strand cast steels", THYSSEN TECHNISCHE BERICHTE,, Bd. 22, Nr. 1, 1. Januar 1990 (1990-01-01), Seiten 13-34, XP009189819, ISSN: 0340-5060 * Seite 18 * -----	1-13	
A	EP 2 340 897 A1 (VOESTALPINE GROBBLECH GMBH [AT]) 6. Juli 2011 (2011-07-06) * Ansprüche 1-10 * -----	1-13	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 13. Mai 2022	Prüfer Kreutzer, Ingo
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 Patentdokument, 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			

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

EP 21 21 8235

5 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.

13-05-2022

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP S6320414 A	28-01-1988	KEINE	
JP 2015218360 A	07-12-2015	JP 6361278 B2 JP 2015218360 A	25-07-2018 07-12-2015
JP 2013139610 A	18-07-2013	JP 5786720 B2 JP 2013139610 A	30-09-2015 18-07-2013
JP 2012207237 A	25-10-2012	KEINE	
EP 2340897 A1	06-07-2011	BR 112012015515 A2 EP 2340897 A1 EP 2516075 A2 ES 2820426 T3 JP 5958344 B2 JP 2013515165 A KR 20120096502 A RU 2012131273 A WO 2011079341 A2	03-05-2016 06-07-2011 31-10-2012 21-04-2021 27-07-2016 02-05-2013 30-08-2012 27-01-2014 07-07-2011

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 2011079341 A2 [0002]