

(19)



(11)

EP 4 206 337 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
05.07.2023 Patentblatt 2023/27

(21) Anmeldenummer: **21218236.4**

(22) Anmeldetag: **29.12.2021**

(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)

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

(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, Rupert**
4522 Sierning (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. Um vorteilhafte mechanische Kennwerte am Grobblech schaffen zu können, wird vorgeschlagen, dass eine mehrstufige Abkühlung mit optional zumindest einem Richten nach dem Endumformen erfolgt, in dem in einer ersten Stufe (8a) nach dem zweite Walzen (W2) mit einer ersten Ab-

kühlrate (KR1) von einer zweiten Endwalztemperatur, insbesondere $\geq A_{r3}$, des zweiten Walzens (W2) auf eine erste Temperatur (T1) zwischen A_{r3} und A_{r1} abgekühlt und in einer nachfolgenden zweiten Stufe (8b) mit einer zweiten Abkühlrate (KR2) von der ersten Temperatur (T1) auf eine zweite Temperatur (T2) $< A_{r1}$ abgekühlt wird, wobei erste Abkühlrate (KR1) $<$ zweite Abkühlrate (KR2) ist.

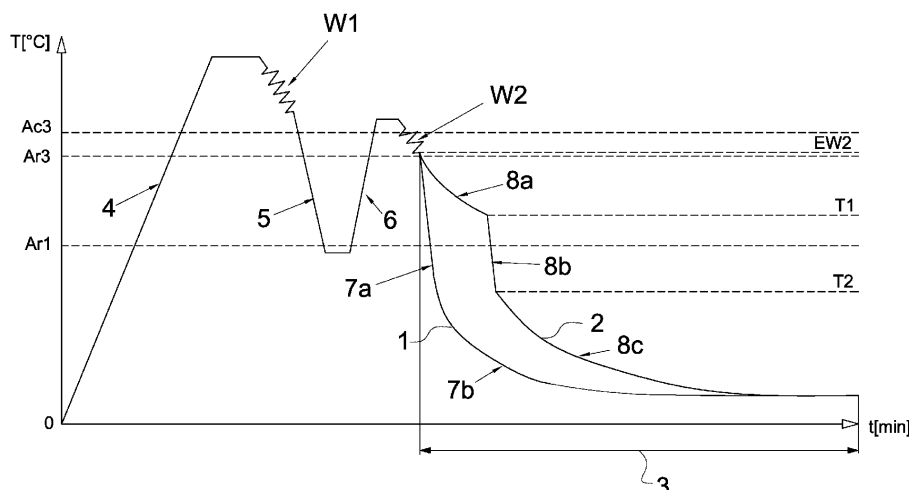


Fig. 1

EP 4 206 337 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Grobblech und ein thermomechanisches Behandlungsverfahren eines Vormaterials, insbesondere einer Bramme, zur Herstellung eines Grobblechs bestehend aus einer Stahllegierung.

[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 Vormaterial mehrstufig warmgewalzt und zwischen zwei Warmwalzstichen beschleunigt auf unter Ar3-Temperatur abgekühlt und induktiv auf über Ac3-Temperatur erwärmt wird. 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 bei Raumtemperatur. Trotz hoher Tieftemperaturzähigkeit weisen diese Grobbleche nachteilig eine geringe Gleichmaßdehnung Ag auf, was deren Verwendung beispielsweise in Erdbebengebieten beschränkt.

[0003] Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, ein thermomechanisches Behandlungsverfahren zur Herstellung eines Grobblechs zu schaffen, mit dem reproduzierbar am Grobblech trotz hoher Zähigkeitswerte eine verbesserte Gleichmaßdehnung Ag erreicht werden kann.

[0004] Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe durch die Merkmale des Anspruchs 1.

[0005] Indem bei einer mehrstufigen Abkühlung in einer ersten Stufe nach dem zweiten Walzen mit einer ersten Abkühlrate KR1 von einer zweiten Endwalztemperatur, insbesondere $\geq$ Ar3, des zweiten Walzens auf eine erste Temperatur zwischen Ar3 und Ar1 abgekühlt und in einer nachfolgenden zweiten Stufe mit einer zweiten Abkühlrate KR2 von der ersten Temperatur auf eine zweite Temperatur $<$ Ar1 abgekühlt wird, wobei erste Abkühlrate KR1 $<$ zweite Abkühlrate KR2 ist, kann im Gegensatz zum Stand der Technik eine verzögerte Gefügeumwandlung angestoßen werden, die zu einer erheblichen Verbesserung in der Gleichmaßdehnung Ag des Grobblechs führt. Es wird angenommen, dass durch die vergleichsweise geringe erste Abkühlrate KR1 sich aus dem austenitischen Gefüge Ferrit ausscheiden kann, welcher eine geringere Löslichkeit für Kohlenstoff (C) besitzt als dies bei Austenit der Fall ist. Daher kann sich Kohlenstoff vom Ferrit in den verbliebenen Austenit verlagern und sich dort anreichern. Bei Anwendung einer vergleichsweise hohen zweiten Abkühlrate KR2 zur weiteren Abkühlung des Vormaterials kann sich dann ein mehrphasiges Gefüge bestehend aus Ferrit und Bainit oder Ferrit und Martensit (in Abhängigkeit der Legierung, Dicke des Grobblechs, Abkühlrate KR2 und ersten Temperatur für diesen Kühlbeginn) ausbilden. Eine gegenüber der zweiten Abkühlrate reduzierte erste Abkühlrate auf eine Temperatur zwischen Ar3 und Ar1 lässt nämlich gerade jene Gefügeumwandlung zu, die für die Gleichmaßdehnung ausschlaggebend ist. In der nachfolgenden zweiten Stufe wird das Vormaterial beschleunigt abgekühlt, beispielsweise abgeschreckt, was den Zähigkeitsverlust am Grobblech beschränken kann. Je nach Bedarf (also optional) kann die mehrstufigen Abkühlung auch ein Richten oder andere Verfahrensschritte umfassen. Das erfindungsgemäße Grobblech mit 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) 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 auch eine besonders hohe Gleichmaßdehnung aufweisen. Optional kann diese Stahllegierung auch einzeln oder in Kombination aus der Gruppe:

0 bis 1,5	Chrom (Cr)
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)
0 bis 0,005	Bor (B)
0 bis 0,015	Stickstoff (N)
0 bis 0,01	Kalzium (Ca)

aufweisen.

[0006] In einer bevorzugten Ausführungsform weist die Stahllegierung (jeweils in Gew.-%)

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)

auf.

[0007] Optional kann die Stahllegierung einzeln oder in Kombination aus der Gruppe (jeweils in Gew.-%):

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

aufweisen.

[0008] Indem beispielsweise die zweite Abkühlrate (KR2) in Grad Celsius

$$\geq C1min + \left(\frac{C2min}{Dicke^{Nmin}} \right) * e^{(-C3min * Dicke)}$$

mit C1min = 0,5, C2min = 69,7, C3min = 0,02148 und Nmin = 0,3 und Dicke = Dicke des Grobblechs in Millimetern ist, kann mit dieser Untergrenze im Verfahren die gewünschte Gefügeausbildung, bestehend aus Ferrit, Bainit und gegebenenfalls Martensit, bei der erfindungsgemäßen Stahllegierung reproduzierbar erzeugt werden, um hohe Gleichmaßdehnung Ag bei hoher Zähigkeit zu erreichen.

[0009] Beispielhaft kann die Untergrenze für die Abkühlrate KR2 des Vormaterials 16 °C/s für ein Grobblech mit einer Dicke von 25 mm betragen. Die Untergrenze für die Abkühlrate KR2 des Vormaterials kann 3,9 °C/s für ein Grobblech mit einer Dicke von 80 mm betragen.

[0010] Als ausreichend kann sich herausstellen, wenn die zweite Abkühlrate (KR2) in Grad Celsius

$$\leq C1max + \left(\frac{C2max}{Dicke^{Nmax}} \right) * e^{(-C3max * Dicke)}$$

mit C1max = 1,5, C2max = 12294,5, C3max = 0,02264 und Nmax = 1,43 und der Dicke = Dicke des Grobblechs in Millimetern ist. Denn mit dieser Obergrenze kann im Verfahren die gewünschte Gefügeausbildung besonders reproduzierbar erzeugt werden, um hohe Gleichmaßdehnung Ag bei hoher Zähigkeit zu erreichen.

[0011] Eine beispielhafte Obergrenze anhand obiger Formel für Abkühlraten KR2 für ein Grobblech mit einer Dicke von 25 mm beträgt 78,6 °C/s - für ein Grobblech mit einer Dicke von 80 mm beträgt diese 5,9 °C/s.

[0012] Dies bedeutet in Kombination, dass in diesem Beispiel der Bereich für die zweite Abkühlrate KR2 für das dünnere Grobblech (Vormaterial nach dem Endumformen) im Bereich von 16 °C/s bis 78,6 °C/s und für das dickere Grobblech (Vormaterial nach dem Endumformen) im Bereich von 3,9 °C/s bis 5,9 °C/s erfindungsgemäß liegen kann. Bei allen Formelangaben sind die Dicken in mm (Millimeter) und die Temperaturen in °C und die Kühlraten in °C/s zu verwenden.

[0013] Beträgt das Verhältnis von der zweiten Abkühlrate KR2 zur ersten Abkühlrate KR1 mindestens 2:1, kann dies bei ausreichend hoher Zähigkeit die Gleichmaßdehnung Ag weiter erhöhen. Insbesondere wenn Verhältnis von der zweiten Abkühlrate KR2 zur ersten Abkühlrate KR1 mindestens 3:1 beträgt, kann dies bei beanspruchten Stahllegierung zu einem Optimum in der Ausgewogenheit von Zähigkeit und Gleichmaßdehnung Ag führen.

[0014] Vorzugsweise beträgt die erste Abkühlrate (KR1) ≤ 5 °C/s, besonders bevorzugt ≤ 3 °C/s, was die Handhabung des Verfahrens erleichtern und auch die Reproduzierbarkeit für eine hohe Gleichmaßdehnung Ag bei hoher Zähigkeit

weiter verbessern kann.

[0015] Vorzugsweise ist die erste Temperatur T1 in Grad Celsius

$$\geq Ar1 + 0,1 * \frac{(Ar3 - Ar1)}{2}$$

und

$$\leq Ar1 + 1,9 * \frac{(Ar3 - Ar1)}{2}$$

[0016] Eine in diesem Bereich liegende erste Temperatur T1 kann unter anderem reproduzierbar zu einem Maximum an Gleichmaßdehnung Ag bei der erfindungsgemäßen Stahllegierung führen.

[0017] Vorzugsweise liegt die zweite Temperatur T2 im Bereich von 450 °C bis 100 °C bevorzugt im Bereich von 400 °C bis 150 °C, besonders bevorzugt im Bereich von 400 °C bis 250 °C, um damit das Gefüge für eine hohe Zähigkeit einzustellen und derart eine optimale Kombination aus hoher Festigkeit, Gleichmaßdehnung und Zähigkeit eingestellt werden kann.

[0018] Wird in einer dritten Stufe mit einer dritten Abkühlrate KR3 von der zweiten Temperatur auf Raumtemperatur abgekühlt, wobei die dritte Abkühlrate KR3 < zweite Abkühlrate KR2 ist, kann dies die mechanischen Kennwerte der Stahllegierung weiter verbessern.

[0019] Beispielsweise ist die dritte Abkühlrate KR3 ≤ 5 °C/s, bevorzugt ≤ 3 °C/s, weil damit - verfahrenstechnisch erleichtert - die Kühlung unbeschleunigt an Luft erfolgen kann.

[0020] Vorzugsweise wird auf die zweite Walzanfangstemperatur für ein zweites Walzen mit einer Heizrate von mindestens 12°C/min erwärmt.

[0021] Beispielsweise kann hierfür das Vormaterial induktiv erwärmt werden, was vorteilhaft für die Gesamtdauer der Herstellungsrouten sein kann, da damit sowohl die Taktzeit reduziert als auch die Heizrate sehr hoch eingestellt werden können. Alternativ kann auch eine Erwärmung über eine Wärmestrahlung erfolgen - dies stellt ein besonders einfaches und robustes Verfahren zur Erwärmung dar.

[0022] Vorzugsweise wird auf eine Dicke des Grobblechs im Bereich von 8 bis 150 mm (Millimeter), insbesondere auf eine Dicke des Grobblechs im Bereich von 25 bis 120 mm, endumgeformt.

[0023] Es ist zudem die Aufgabe der Erfindung ein Grobblech zu schaffen, das trotz hoher Zähigkeitswerte eine verbesserte Gleichmaßdehnung Ag aufweist.

[0024] Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe durch die Merkmale des Anspruchs 14.

[0025] Erfindungsgemäß kann das durch das thermomechanische Behandlungsverfahren hergestellte Grobblech ein Streckgrenzenverhältnis ($R_{p0,2}/R_m$) von < 0,7 aufweisen. Vorzugsweise kann dieses Grobblech ein Streckgrenzenverhältnis ($R_{p0,2}/R_m$) von < 0,70 aufweisen. Vorzugsweise kann dieses Grobblech ein Streckgrenzenverhältnis ($R_{p0,2}/R_m$) von < 0,65 aufweisen.

[0026] Beispielsweise weist das Grobblech eine Dicke im Bereich von 8 bis 150 mm auf. Insbesondere kann das Grobblech eine Dicke im Bereich von 25 bis 120 mm aufweisen.

[0027] Vorzugsweise weist das Grobblech eine Streckgrenze $R_{p0,2} > 550 \text{ N/mm}^2$ (Newton pro Quadratmillimeter), insbesondere eine Streckgrenze $R_{p0,2}$ (0,2 %-Dehngrenze) $> 590 \text{ N/mm}^2$, auf, um eine vergleichsweise hohe Festigkeit garantieren zu können.

[0028] Damit kann sich dieses Grobblech als längsnahtgeschweißtes Rohr für eine Erdgaspipeline oder als Baumaterial, speziell auch in einer seismisch aktiven Region, besonders eignen.

[0029] 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, KR3) 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.

[0030] In den Figuren ist beispielsweise der Erfindungsgegenstand anhand einer Ausführungsvariante näher dargestellt. Es zeigen

Fig. 1 Temperaturprofile von zwei thermomechanischen Behandlungsverfahren und

Fig. 2 ein Spannungs-Dehnungs-Diagramm zu zwei Grobblechen, hergestellt durch je ein thermomechanisches Behandlungsverfahren nach Fig. 1.

[0031] Nach Fig. 1 werden zwei Temperaturprofile 1, 2 eines thermomechanischen Behandlungsverfahrens zur Herstellung eines Grobblechs A, B aus einer Stahllegierung dargestellt. Beide Grobbleche A, B weisen die gleiche Stahllegierung mit

5	0,04 Gew.-%	(C) Kohlenstoff,
	1,63 Gew.-%	(Mn) Mangan,
	0,34 Gew.-%	(Si) Silizium,
	0,04 Gew.-%	(Al) Aluminium,
10	0,012 Gew.-%	(P) Phosphor,
	0,001 Gew.-%	(S) Schwefel,
	0,17 Gew.-%	(Cr) Chrom,
	0,02 Gew.-%	(Mo) Molybdän,
15	0,035 Gew.-%	(Nb) Niob,
	0,014 Gew.-%	(Ti) Titan,
	0,0003 Gew.-%	(B) Bor,
	0,0045 Gew.-%	(N) Stickstoff

20 und als Rest Eisen (Fe) sowie herstellungsbedingt unvermeidliche Verunreinigungen mit jeweils maximal 0,05 Gew.-% und gesamt höchstens 0,15 Gew.-% auf.

[0032] 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, unterscheiden. Die vorangehenden Verfahrensschritte sind gleich.

25 **[0033]** 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.

[0034] Das Vormaterial wird anschließend durch erstes Walzen W1 teilumgeformt.

30 **[0035]** 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.

[0036] 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.

35 **[0037]** 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.

[0038] An dieses zweite Walzen W2, was auch als Endwalzen bezeichnet werden kann, schließen zwei unterschiedliche mehrstufige Abkühlungen 3 auf Raumtemperatur (welche üblicherweise bei diesen Verfahren zwischen 0 und 60 Grad Celsius liegt, beispielsweise 20 Grad Celsius beträgt) an.

40 **[0039]** So wird das Vormaterial des Grobblechs A in einer ersten Stufe 7a der Abkühlung 3 nach dem zweiten Walzen W2 von der zweiten Endwalztemperatur auf eine Temperatur unter Ar1 beschleunigt durch Wasserabschrecken mit 30 °C/s abgekühlt, nämlich abgeschreckt. Daran schließt eine Abkühlung mit 0,1 °C/s an ruhender Luft bei Umgebungstemperatur als zweite unmittelbar nachfolgende zweite Stufe 7b der Abkühlung 3 auf Raumtemperatur RT an.

45 **[0040]** Die erfindungsgemäße mehrstufige Abkühlung 3 ist am Vormaterial des Grobblechs B zu erkennen. Hier wird nach dem zweiten Walzen W2 in einer ersten Stufe 8a das Vormaterial mit einer ersten Abkühlrate KR1, nämlich 0,6 °C/s, von der zweiten Endwalztemperatur EW2 auf eine erste Temperatur T1 zwischen Ar3 und Ar1 abgekühlt, nämlich auf 720 °C (Grad Celsius).

50 **[0041]** In einer unmittelbar nachfolgenden zweiten Stufe 8b wird das Vormaterial mit einer zweiten Abkühlrate KR2, nämlich 30 °C/s, von der ersten Temperatur T1 auf eine zweite Temperatur T2 < Ar1, nämlich auf 150 °C, abgeschreckt. Es kann aber auch auf Raumtemperatur RT abgeschreckt werden, was nicht näher dargestellt worden ist.

[0042] Wie in der Fig. 1 zu erkennen, ist die erste Abkühlrate $KR1 < \text{zweite Abkühlrate } KR2$, nämlich um deutlich einen Faktor 3 kleiner als die zweite Abkühlrate KR2.

55 **[0043]** Nach Fig. 1 ist bei der mehrstufigen Abkühlung eine dritte Stufe 8c mit einer dritten Abkühlrate KR3 von der zweiten Temperatur T2 auf Raumtemperatur RT an ruhender Luft bei Umgebungstemperatur zu erkennen. Vorzugsweise beträgt die dritten Abkühlrate KR3 0,1 °C/s.

[0044] 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 be-

zeichnet wird.

[0045] Als Vormaterial ist auch ein Block oder ein Knüppel denkbar.

[0046] 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.

[0047] Dieser Verfahrensunterschied in der mehrstufigen Abkühlung 3 führt bei den Grobblechen A, B zu den nach Tabelle 2 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.

Tabelle 1: Kennwerte

Grobblech	$R_{p0.2}$	R_m	A_g	$R_{p0.2}/R_m$	Kerbschlagarbeit bei -80 °C [J]
	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[%]		
A	519	598	8,9	0,87	398
B	369	602	14,7	0,61	130

[0048] Wie der Tabelle 1 und auch der Fig. 2 zu entnehmen, wurde die Gleichmaßdehnung A_g des Grobblechs B von 8,9 % auf 14,7 %, d. h. um 5,8 % gegenüber Grobblech A erhöht. Grobblech B ermöglicht daher ein deutlich höheres Energiedissipationsvermögen, also Energieaufnahmevermögen.

[0049] Bei geringen Dehnungen (vgl. 0,2 %-Dehngrenze $R_{p0.2}$) erfolgt bei Grobblech B zwar eine plastische Verformung rascher als bei Grobblech A (vgl. 0,2 %-Dehngrenze $R_{p0.2}$), dennoch kommt es bei Grobblech B wesentlich später zum Versagen (vgl. A_g).

[0050] Diese Eigenschaft ist besonders vorteilhaft in der Anwendung in erdbebengefährdeten Regionen bzw. seismisch aktiven Region, in denen das Dissipationsvermögen des Werkstoffs entscheidend ist.

[0051] Das erfindungsgemäß hergestellte Grobbleche B kann sich daher beispielsweise als längsnahtgeschweißte Rohre für Erdgaspipelines oder im Stahlbau in seismisch aktiven Regionen besonders eignen. Durch die hohen Gleichmaßdehnungen weisen aus diesem Grobblech B hergestellte Bauteile ein hohes Energiedissipationsvermögen auf. Denkbar ist auch der Einsatz als Baumaterial im Stahlbau in der Erzeugung von geschweißten I-Trägern mit einem vorteilhaften Verhalten bei Lochlaibungsversagen.

[0052] 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)
0 bis 1,0	Molybdän (Mo)
0 bis 1,0	Kupfer (Cu)
0 bis 5,0	Nickel (Ni)

(fortgesetzt)

0 bis 0,30	Vanadium (V)
0 bis 0,20	Titan (Ti)
0 bis 0,20	Niob (Nb)
0 bis 0,005	Bor (B)
0 bis 0,015	Stickstoff (N)
0 bis 0,01	Kalzium (Ca)

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, 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 optional zumindest einem Richten nach dem Endumformen, indem

in einer ersten Stufe (8a) nach dem zweiten Walzen (W2) mit einer ersten Abkühlrate (KR1) von einer zweiten Endwalztemperatur, insbesondere $\geq$ Ar3, des zweiten Walzens (W2) auf eine erste Temperatur (T1) zwischen Ar3 und Ar1 abgekühlt und in einer nachfolgenden zweiten Stufe (8b) mit einer zweiten Abkühlrate (KR2) von der ersten Temperatur (T1) auf eine zweite Temperatur (T2) < Ar1 abgekühlt wird, wobei erste Abkühlrate (KR1) < zweite Abkühlrate (KR2) ist.

2. Thermomechanisches Behandlungsverfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Abkühlrate (KR2) in Grad Celsius

$$\geq C1min + \left(\frac{C2min}{Dicke^{Nmin}} \right) * e^{(-C3min * Dicke)}$$

mit

C1min = 0,5

C2min = 69,7

C3min = 0,02148

Nmin = 0,3

und

Dicke = Dicke des Grobblechs in Millimetern.

3. Thermomechanisches Behandlungsverfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Abkühlrate (KR2) in Grad Celsius

$$\leq C1max + \left(\frac{C2max}{Dicke^{Nmax}} \right) * e^{(-C3max * Dicke)}$$

mit

C1max = 1,5

C2max = 12294,5

C3max = 0,02264

EP 4 206 337 A1

N_{max} = 1,43 und

Dicke = Dicke des Grobblechs in Millimetern.

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

5. Thermomechanisches Behandlungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Abkühlrate (KR1) ≤ 5 °C/s, besonders bevorzugt ≤ 3 °C/s, ist.

6. Thermomechanisches Behandlungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Temperatur (T1) in Grad Celsius

$$\geq Ar1 + 0,1 * \frac{(Ar3 - Ar1)}{2}$$

und

$$\leq Ar1 + 1,9 * \frac{(Ar3 - Ar1)}{2}$$

ist.

7. Thermomechanisches Behandlungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Temperatur (T2) im Bereich von 450 °C bis 100 °C, insbesondere im Bereich von 400 °C bis 150 °C, bevorzugt im Bereich von 400 °C bis 250 °C, liegt.

8. Thermomechanisches Behandlungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einer dritten Stufe (8c) mit einer dritten Abkühlrate (KR3) von der zweiten Temperatur (T2) auf Raumtemperatur abgekühlt wird, wobei die dritte Abkühlrate (KR3) < zweite Abkühlrate (KR2) ist.

9. Thermomechanisches Behandlungsverfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die dritte Abkühlrate (KR3) ≤ 5 °C/s, bevorzugt ≤ 3 °C/s, ist.

10. Thermomechanisches Behandlungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf die zweite Walzanfangstemperatur für ein zweites Walzen (W2) mit einer Heizrate von mindestens 12°C/min erwärmt wird.

11. Thermomechanisches Behandlungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf eine Dicke des Grobblechs im Bereich von 8 bis 150 mm, insbesondere auf eine Dicke des Grobblechs im Bereich von 25 bis 120 mm, endumgeformt wird.

12. Thermomechanisches Behandlungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stahllegierung jeweils in Gew.-%

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.

13. Thermomechanisches Behandlungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass**

EP 4 206 337 A1

die Stahllegierung jeweils in Gew.-% optional einzeln oder in Kombination aus der Gruppe:

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

aufweist.

14. Grobblech, hergestellt durch das thermomechanische Behandlungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Grobblech ein Streckgrenzenverhältnis ($R_{p0.2}/R_m$) von $< 0,7$, bevorzugt von $< 0,65$, aufweist.

15. Grobblech nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Grobblech eine Dicke im Bereich von 8 bis 150 mm, insbesondere im Bereich von 25 bis 120 mm, aufweist.

16. Grobblech nach Anspruch 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Grobblech eine Streckgrenze $R_{p0.2} > 550 \text{ N/mm}^2$, insbesondere $> 590 \text{ N/mm}^2$, aufweist.

17. Verwendung eines Grobblechs nach Anspruch 14, 15 oder 16 als längsnahtgeschweißtes Rohr für eine Erdgas-pipeline oder als Baumaterial, insbesondere in einer seismisch aktiven Region.

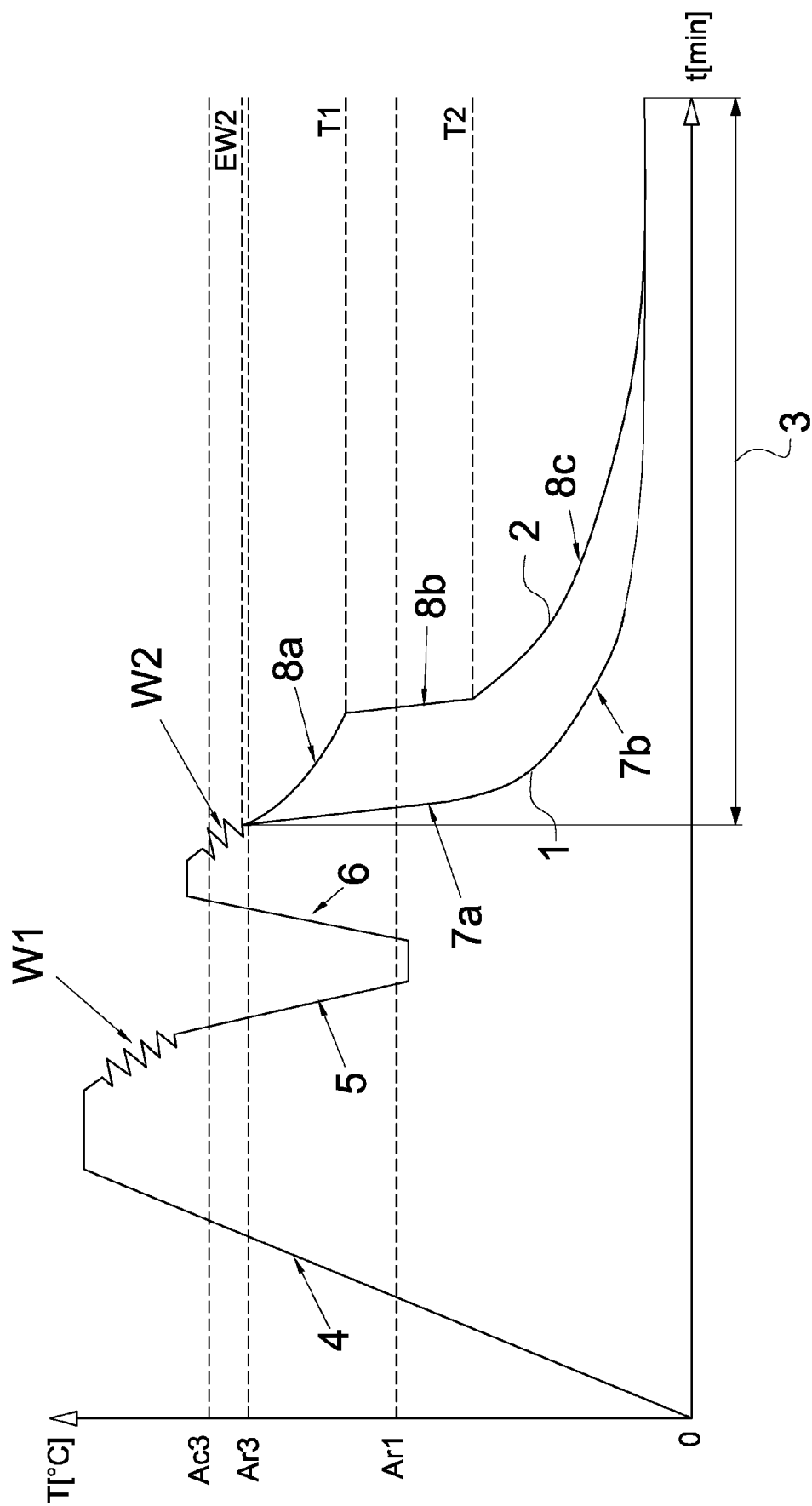


Fig. 1

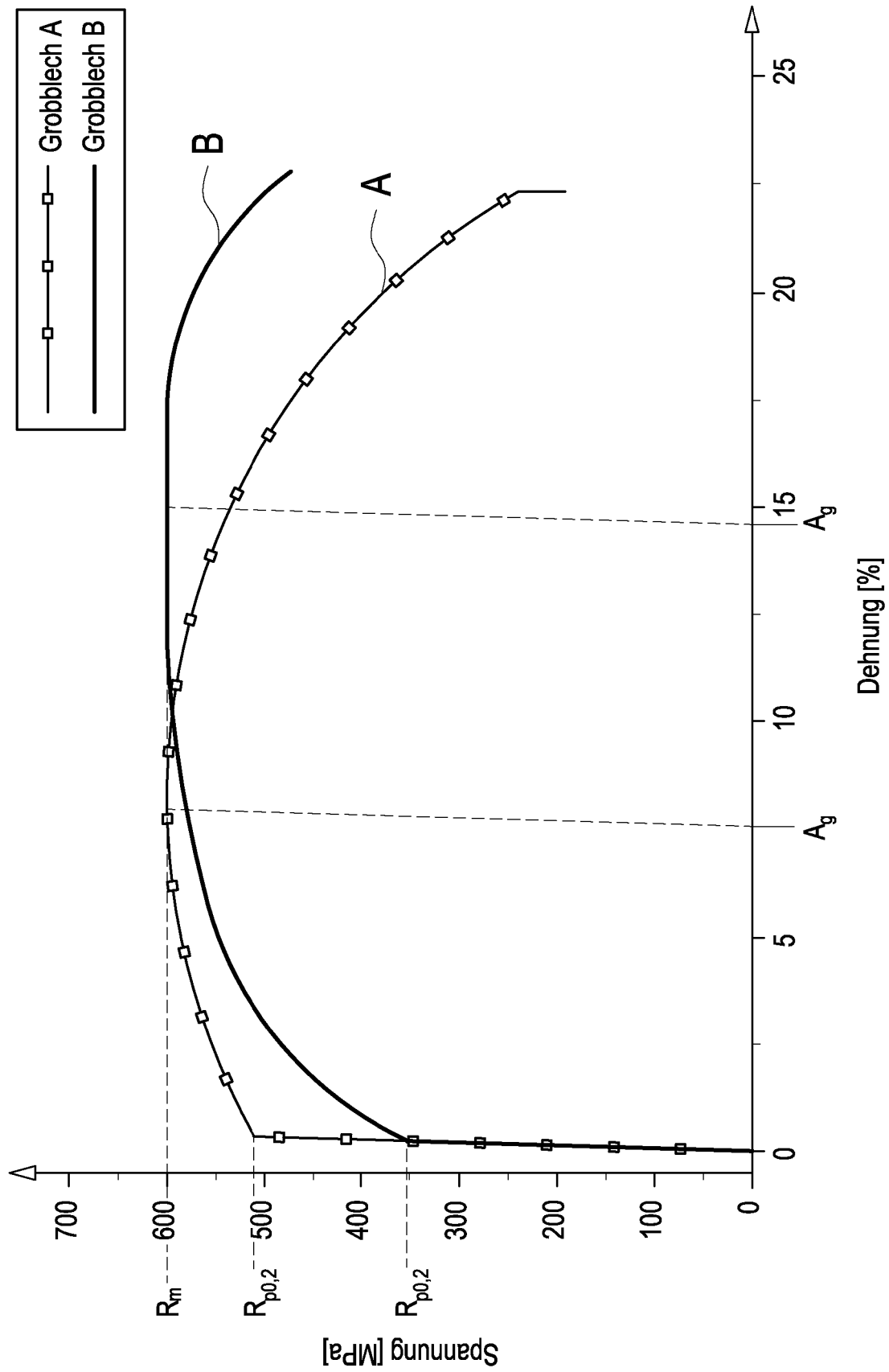


Fig. 2



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 21 21 8236

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

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	EP 3 272 899 A1 (BAOSHAN IRON & STEEL [CN]) 24. Januar 2018 (2018-01-24) * 0002; Tab. 1+3 A1-A6 * -----	14-17	INV. C21D8/02 C21D9/46 C22C38/02
X	JP H07 278656 A (NIPPON STEEL CORP) 24. Oktober 1995 (1995-10-24) * 0002; Tab. 1, A-K; Tab. 2-2, 1-5, 7-11, 14, 14, 17-19; Tab. 2-4, 10-29, 31-37 * -----	14-17	C22C38/04 C22C38/06 C21D1/02
X	JP 2015 127447 A (JFE STEEL CORP) 9. Juli 2015 (2015-07-09) * 0003; Tab. 1, A, B, E, M, R, Q; Tab. 3+6 A1, A4, A19, B28, B33, B29 * -----	14, 15, 17	
A	JP H07 286232 A (NIPPON STEEL CORP) 31. Oktober 1995 (1995-10-31) * Anspr. 2; Tab. 1-3 *	1-17	
A	EP 2 340 897 A1 (VOESTALPINE GROBBLECH GMBH [AT]) 6. Juli 2011 (2011-07-06) * Ansprüche 1-10 * -----	1-17	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) C21D C22C B21B
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 8236

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
EP 3272899 A1	24-01-2018	AU 2015387626 A1	12-10-2017
		CN 104789892 A	22-07-2015
		EP 3272899 A1	24-01-2018
		ES 2781957 T3	09-09-2020
		JP 6563510 B2	21-08-2019
		JP 2018512508 A	17-05-2018
		US 2018073116 A1	15-03-2018
		WO 2016150196 A1	29-09-2016

JP H07278656 A	24-10-1995	KEINE	

JP 2015127447 A	09-07-2015	JP 6064897 B2	25-01-2017
		JP 2015127447 A	09-07-2015

JP H07286232 A	31-10-1995	KEINE	

EP 2340897 A1	06-07-2011	BR 112012015515 A2	03-05-2016
		EP 2340897 A1	06-07-2011
		EP 2516075 A2	31-10-2012
		ES 2820426 T3	21-04-2021
		JP 5958344 B2	27-07-2016
		JP 2013515165 A	02-05-2013
		KR 20120096502 A	30-08-2012
		RU 2012131273 A	27-01-2014
		WO 2011079341 A2	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]