

(19)



(11)

EP 4 523 807 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
19.03.2025 Patentblatt 2025/12

(21) Anmeldenummer: **23197944.4**

(22) Anmeldetag: **18.09.2023**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B21B 1/22 (2006.01) **B21B 37/28** (2006.01)
B21B 37/74 (2006.01) **B21B 37/76** (2006.01)
B21B 45/02 (2006.01) **B21D 1/02** (2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
C21D 7/13; C21D 8/0226; C21D 9/46;
C21D 11/005; B21B 37/74; B21B 37/76;
B21B 45/0218

(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 ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
 Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
 Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

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

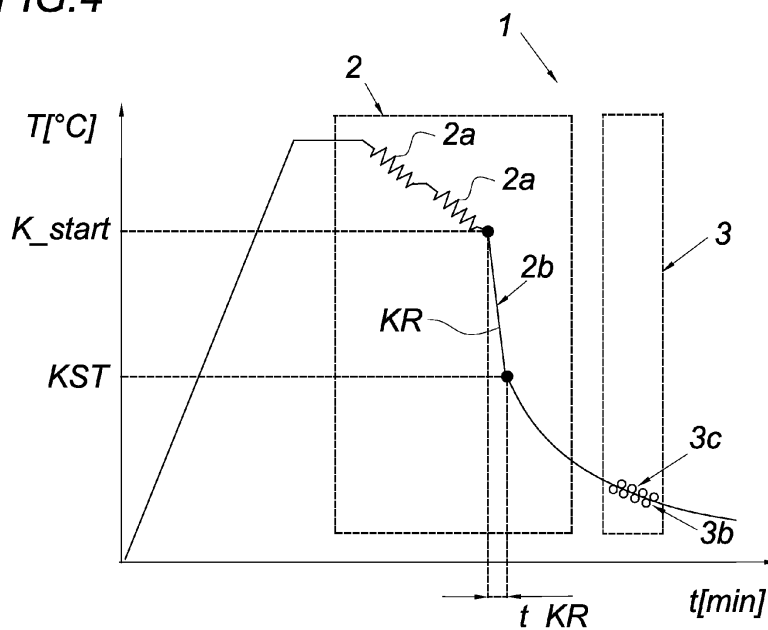
(72) Erfinder:
 • **Parteder, Erik**
4062 Kirchberg-Thening (AT)
 • **Egger, Rupert**
4522 Sierning (AT)

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

(54) **VERFAHREN ZUR REDUKTION EINER ABWEICHUNG VON EINER SOLL-ZUGFESTIGKEIT UND EINER SOLL-STRECKGRENZE/-ERSATZSTRECKGRENZE VON WALZGÜTERN**

(57) Es wird Verfahren zur Reduktion einer Abweichung von einer Soll-Zugfestigkeit (R_{m_soll}) und einer Soll-Streckgrenze/-Ersatzstreckgrenze ($R_{e_soll}/R_{p0.2_soll}$, $R_{t0.5_soll}$ etc.) von, mit einer Anlage (1), die zumindest eine Warmwalzstraße (2) und zumindest eine der Warmwalzstraße (2) nachgeordneten Rollenrichtmaschine (3) aufweist, hergestellten

Walzgütern (4), insbesondere Stahlblechen, aus dieser Anlage (1) zugeführten ein- oder mehrlagigen Walzbrammen oder Walzblöcken einer gemeinsamen Stahlsorte, deren jeweilige Stahllegierung in der chemischen Ist-Zusammensetzung herstellungsbedingt in zumindest einem Legierungselement von der chemischen Soll-Zusammensetzung dieser Stahlsorte abweichen, gezeigt.

FIG.4**EP 4 523 807 A1**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Reduktion einer Abweichung von einer Soll-Zugfestigkeit und einer Soll-Streckgrenze/-Ersatzstreckgrenze von mit einer Anlage, die zumindest eine Warmwalzstraße und zumindest eine der Warmwalzstraße nachgeordneten Rollenrichtmaschine aufweist, hergestellten Walzgütern, insbesondere Stahlblechen, aus dieser Anlage zugeführten ein- oder mehrlagigen Walzbrammen oder Walzblöcken einer gemeinsamen Stahlsorte, deren jeweilige Stahllegierung in der chemischen Ist-Zusammensetzung herstellungsbedingt in zumindest einem Legierungselement von der chemischen Soll-Zusammensetzung dieser Stahlsorte abweicht.

[0002] Aus der EP30096896B1 ist bekannt, dass mit einer Änderung zumindest eines Nenn-Betriebsparameters einer Walzstraße an der Legierung einer dieser Walzstraße zuzuführenden Walzbramme Veränderungen vorgenommen werden können, ohne eine wesentliche Änderung an der Festigkeit der damit hergestellten Walzgüter rechnen zu müssen, was Legierungskosten sparen kann.

[0003] Aus der DE 19881711B4 ist ein Verfahren bekannt, bei dem Nenn-Betriebsparameter einer Walzstraße angepasst werden, um gewünschte mechanische Werkstoffkenngrößen am fertigen Walzgut zu erreichen. Beispielsweise werden die Eingangstemperatur, die Ausgangstemperatur sowie die Reduktionsgrade der einzelnen Walzgerüste verändert. Hierzu wird mithilfe eines Gefügebeobachters zumindest aus vorgegebenen Nenn-Betriebsparametern der Anlage, sowie aus der chemischen Ist-Zusammensetzung der Walzbramme die zu erwartenden mechanischen Werkstoffkenngrößen berechnet. Angepasste Nenn-Betriebsparameter einer Walzstraße können sich aber sowohl positiv auf bestimmte mechanische Werkstoffkenngrößen als auch nachteilig auf eine andere mechanische Werkstoffkenngröße auswirken. Dies beschränkt die Effektivität des Verfahrens zur Erreichung von gewünschten mechanischen Werkstoffkenngrößen am fertigen Walzgut.

[0004] Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zu schaffen, bei dem trotz innerhalb gewisser Grenzen abweichenden, beispielsweise streuenden, Legierungsgehalten von Walzbrammen oder Walzblöcken einer Stahllegierung reproduzierbar sowohl eine vorgegebene Soll-Zugfestigkeit als auch eine Soll-Streckgrenze/-Ersatzstreckgrenze erreicht werden kann. Zudem soll das Verfahren einfach handhabbar und auch in bestehenden Anlagen mit einer Walzstraße und mit einer Rollenrichtmaschine implementierbar sein.

[0005] Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe durch die Merkmale des Anspruchs 1.

[0006] Indem auf Basis eines mathematischen Modells, das zumindest aus zu dieser Stahlsorte vorgegebenen Nenn-Betriebsparametern der Anlage, sowie aus der abweichenden chemischen Ist-Zusammensetzung, der der Anlage zuzuführenden Walzbramme oder des der Anlage zuzuführenden Walzblocks eine Modell-Zugfestigkeit und eine Modell-Streckgrenze/-Ersatzstreckgrenze des Walzguts berechnet wird, können alle Voraussetzungen geschaffen werden, reproduzierbar Abweichungen sowohl von einer Soll-Zugfestigkeit als auch einer Soll-Streckgrenze/-Ersatzstreckgrenze zu verringern. Hierzu müssen lediglich nachfolgend bei einer Differenz zwischen Modell-Zugfestigkeit und Soll-Zugfestigkeit und zwischen Modell-Streckgrenze/-Ersatzstreckgrenze und Soll-Streckgrenze/-Ersatzstreckgrenze mehrere Betriebsparameter der Anlage angepasst werden, um damit die Abweichung von der Soll-Zugfestigkeit und der Soll-Streckgrenze/-Ersatzstreckgrenze zu reduzieren. Erfindungsgemäß umfassen diese angepassten Betriebsparameter:

Erhöhung oder Erniedrigung einer, insbesondere über die Dicke des Walzguts gemittelten, Kühlstopptemperatur, bei der die beschleunigte Abkühlung des Walzguts nach dem Fertigwalzen unterbrochen wird, als erster angepasster Betriebsparameter an der Warmwalzstraße der Anlage;

Erhöhung oder Erniedrigung einer Eintauchtiefe einer Richtrolle im Einlauf, insbesondere einer zweiten Richtrolle in einem ersten Richtdreieck des Einlaufs, der Rollenrichtmaschine als zweiter angepasster Betriebsparameter an der Rollenrichtmaschine der Anlage;

[0007] Damit wird im Gegensatz zum Stand der Technik an mindestens zwei Nenn-Betriebsparametern der Anlage eine Veränderung vorgenommen, und zwar an der Warmwalzstraße und an der Rollenrichtmaschine. Hierbei kann das Warmwalzen und Richten kontinuierlich erfolgen, indem beispielsweise die Rollenrichtmaschine der Warmwalzstraße direkt nachfolgt, oder auch diskontinuierlich erfolgen.

[0008] Damit kann zuverlässig eine Abweichung, welche beispielsweise eine herstellungsbedingte Streuung sein kann, sowohl von einer Soll-Zugfestigkeit als auch einer Soll-Streckgrenze/-Ersatzstreckgrenze an damit hergestellten Walzgütern verringert werden. Dies führt zu einer hohen Reproduzierbarkeit, um eine vorgegebene Soll-Zugfestigkeit und Soll-Streckgrenze/-Ersatzstreckgrenze zu erreichen und ist zudem in bestehenden Walzstraßen vergleichsweise einfach implementierbar, deren Betriebsparameter einstellbar sind. Dies führt auch dazu, dass das Verfahren einfach handhabbar ist.

[0009] Es braucht nicht weiter erwähnt werden, dass unter einer beschleunigten Abkühlung eine schnellere Abkühlung als bei einer Abkühlung an ruhender Luft verstanden wird. Beispielsweise handelt es sich beim beschleunigten Abkühlen um ein Abschrecken, insbesondere Wasserabschrecken.

[0010] Im Allgemeinen wird erwähnt, dass es sich bei der Zugfestigkeit (tensile strength) und der Streckgrenze/-Ersatzstreckgrenze (yield strength/offset yield strength) um Werkstoffkennwerte handelt, die im einachsigen Zugversuch ermittelt werden. Die Ersatzstreckgrenze wird auch als Dehngrenze bezeichnet. Der Werkstoffkennwert Dehngrenze findet vorwiegend bei Werkstoffen Verwendung, die beispielsweise keine ausgeprägte Streckgrenze haben. Zudem ist die Streckgrenze jene mechanische Spannung, bis zu der ein Werkstoff elastisch verformbar ist. Bei Erreichen/Überschreiten der Streckgrenze verbleibt eine plastische Formänderung. Es gibt unterschiedliche Definitionen, die von den betrachteten verbleibenden Dehnungen und der Art der Ermittlung im Sinne einer Parallelverschiebung der Hooke'schen Geraden oder einer Normalen durch die verbleibende Dehnung abhängen. Daraus ergeben sich typische Beispiele für Ersatzstreckgrenzen (Dehngrenzen), wie beispielsweise Rp0.2, Rp1.0, Rt0.5, Rt1.0 etc..

[0011] Die Reproduzierbarkeit des Verfahrens kann weiter erhöht werden, wenn die angepassten Betriebsparameter zusätzlich umfassen:

Erhöhung oder Erniedrigung einer Abkühlrate einer beschleunigten Abkühlung des Walzguts nach dem Fertigwalzen als dritter angepasster Betriebsparameter an der Warmwalzstraße der Anlage;

[0012] Vorzugsweise wird hier die über die Abkühlzeit gemittelte Abkühlrate verwendet. Damit steht dem erfindungsgemäßen Verfahren unter anderem ein weiteres Stellglied zur Verfügung, der Abweichung von der chemischen Soll-Zusammensetzung entgegenzuwirken, was das Verfahren weiter verbessert.

[0013] Beispielsweise kann bei einer negativen Differenz zwischen Modell-Zugfestigkeit und Soll-Zugfestigkeit der erste Betriebsparameter durch Erniedrigung und der zweite Betriebsparameter durch Erhöhung angepasst werden.

[0014] Vorstellbar ist zudem, dass bei einer positiven Differenz zwischen Modell-Zugfestigkeit und Soll-Zugfestigkeit sowohl der erste Betriebsparameter durch Erhöhung als auch der zweite Betriebsparameter durch Erniedrigung angepasst werden

[0015] Vorzugsweise wird mithilfe einer Optimierungsrechnung jene Erhöhung oder Erniedrigung des ersten Betriebsparameters im Vergleich mit dem betreffenden Nenn-Betriebsparameter und jene Erniedrigung oder Erhöhung des zweiten Betriebsparameters im Vergleich mit dem betreffenden Nenn-Betriebsparameter sowie optional jene Erhöhung oder Erniedrigung des dritten Betriebsparameters im Vergleich mit dem betreffenden Nenn-Betriebsparameter errechnet, bei der die Differenzen zwischen Modell-Zugfestigkeit und Soll-Zugfestigkeit und zwischen Modell-Streckgrenze/-Ersatzstreckgrenze und Soll-Streckgrenze/-Ersatzstreckgrenze am niedrigsten sind. Erfindungsgemäß kann damit eine effiziente Lösung gefunden werden, bei der sowohl die Abweichung von einer Soll-Zugfestigkeit als auch einer Soll-Streckgrenze/-Ersatzstreckgrenze am geringsten sind. Dies kann die Reproduzierbarkeit des Verfahrens in der Herstellung von Walzgütern weiter verbessern.

[0016] Beispielsweise kann bei der Optimierungsrechnung der erste Betriebsparameter durch Erhöhung des betreffenden Nenn-Betriebsparameters angepasst werden, um damit die Modell-Zugfestigkeit zu erniedrigen und die Modell-Streckgrenze/-Ersatzstreckgrenze zu erhöhen. Dafür kann sich die, insbesondere über die Dicke des Walzguts gemittelte, Kühlstopptemperatur als erster Betriebsparameter besonders auszeichnen.

[0017] Es ist aber auch vorstellbar, insbesondere die über die Dicke des Walzguts gemittelte, Kühlstopptemperatur als ersten Betriebsparameter dahingegeben zu verwenden, bei der Optimierungsrechnung den ersten Betriebsparameter durch Erniedrigung des betreffenden Nenn-Betriebsparameters anzupassen, um damit die Modell-Zugfestigkeit zu erhöhen und die Modell-Streckgrenze/-Ersatzstreckgrenze zu erniedrigen.

[0018] Vorzugsweise wird von der Optimierungsrechnung eine Eintauchtiefe einer Richtrolle im Einlauf als zweiter Betriebsparameter verwendet. Es wird nämlich bei der Optimierungsrechnung der zweite Betriebsparameter durch Erhöhung des betreffenden Nenn-Betriebsparameters angepasst, um damit die Modell-Zugfestigkeit und die Modell-Streckgrenze/-Ersatzstreckgrenze zu erhöhen.

[0019] Alternativ zu vorstehender Erhöhung ist vorstellbar, dass bei der Optimierungsrechnung der zweite Betriebsparameter durch Erniedrigung des betreffenden Nenn-Betriebsparameters angepasst wird, um damit die Modell-Zugfestigkeit und die Modell-Streckgrenze/-Ersatzstreckgrenze zu erniedrigen.

[0020] Die Optimierungsrechnung kann gegebenenfalls auch die gemittelte Abkühlrate als dritten Betriebsparameter verwenden. Dies, in dem bei der Optimierungsrechnung der dritte Betriebsparameter durch Erhöhung des betreffenden Nenn-Betriebsparameters angepasst wird, um damit die Modell-Zugfestigkeit und die Modell-Streckgrenze/-Ersatzstreckgrenze zu erhöhen.

[0021] Alternativ zu vorstehender Erhöhung ist vorstellbar, dass bei der Optimierungsrechnung der dritte Betriebsparameter durch Erniedrigung des betreffenden Nenn-Betriebsparameters angepasst wird, um damit die Modell-Zugfestigkeit und Modell-Streckgrenze/-Ersatzstreckgrenze zu erniedrigen.

[0022] Beispielsweise kann von Vorteil für das erfindungsgemäße Verfahren sein, dass die Optimierungsrechnung unter Anwendung einer mathematischen Optimierungsmethode erfolgt. Vorstellbar ist, dass es sich hierbei um eine diskrete Optimierungsmethode handelt.

[0023] Vorzugsweise wird der erste Betriebsparameter im Bereich von plus/minus 100 °C zum betreffenden Nenn-Betriebsparametern (P_nenn) angepasst. Damit kann beispielsweise bei einem Nenn-Betriebsparameter der Kühlstopptemperatur (KST_nenn) von 380 °C und der erlaubten Eingriffsgrenzen von plus/minus 100 °C, zwischen 280 °C und

480 °C angepasst werden.

[0024] Vorzugsweise wird der zweite Betriebsparameter im Bereich von plus/minus 30 % zum betreffenden Nenn-Betriebsparametern (P_{nenn}) angepasst.

[0025] Die Erfindung hat sich zudem die Aufgabe gestellt, eine Anlage zu schaffen, mit der das erfindungsgemäße Verfahren zuverlässig durchgeführt werden kann.

[0026] Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe durch den Anspruch 15.

[0027] Das erfindungsgemäße Verfahren kann zuverlässig durchgeführt werden, wenn eine Anlage mit einer Warmwalzstraße, die eine Kühleinrichtung mit einem ersten Stellglied zum Einstellen einer Kühlstopptemperatur einer beschleunigten Abkühlung des Walzguts nach dem Fertigwalzen aufweist, mit einer der Warmwalzstraße nachgeordneten Rollenrichtmaschine, die ein zweites Stellglied zum Einstellen der Eintauchtiefe einer Richtrolle im Einlauf der Rollenrichtmaschine aufweist, und mit einer Steuer- oder Regeleinrichtung, die das mathematische Modell aufweist und mit den Stellgliedern der Kühleinrichtung und der Rollenrichtmaschine zur Übertragung von adaptierten Nenn-Betriebsparametern verbunden ist, verwendet wird.

[0028] Beispielsweise weist die Kühleinrichtung ein drittes Stellglied zum Einstellen einer Abkühlrate der beschleunigten Abkühlung des Walzguts nach dem Fertigwalzen auf.

[0029] In den Figuren ist beispielsweise der Erfindungsgegenstand anhand einer Ausführungsvariante näher dargestellt. Es zeigen

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Darstellung zu einem Verfahren zur Reduktion einer Abweichung von einer Soll-Zugfestigkeit und einer Soll-Streckgrenze/-Ersatzstreckgrenze von mit einer Warmwalzstraße hergestelltem Walzgut,

Fig. 2 Verteilungsfunktionen zu Zugfestigkeiten R_m von Walzgütern derselben Stahlsorte mit und ohne Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens und

Fig. 3 Verteilungsfunktionen zu Ersatzstreckgrenzen $R_{t0.5}$ der nach Fig. 2 dargestellten Walzgüter mit und ohne Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 4 ein Ablaufdiagramm des Warmwalzens der Warmwalzstraße und

Fig. 5 eine schematische Darstellung zu einer Rollenrichtmaschine.

[0030] Nach Fig. 1 wird das erfindungsgemäße Verfahren für ein mit einer Anlage 1, die eine Warmwalzstraße 2 und eine der Warmwalzstraße 2 nachgeordnete Rollenrichtmaschine 3 aufweist, hergestelltes Walzgut 4 beispielsweise dargestellt. Die Warmwalzstraße 2 weist zumindest ein Walzgerüst 2a zum beispielsweise reversierenden Warmwalzen des Walzguts 4 und zumindest einer Kühleinrichtung 2b zur beschleunigten Abkühlung des Walzguts 4 nach dem Fertigwalzen durch das zumindest eine Walzgerüst 2a auf.

[0031] Da die der Anlage 1 zugeführten Walzbrammen oder Walzblöcken in der chemischen Zusammensetzung herstellungsbedingt in mehreren Legierungselementen von einer chemischen Soll-Zusammensetzung dieser Stahlsorte abweichen, kann eine geforderte Soll-Zugfestigkeit R_{m_soll} und eine geforderte Soll-Ersatzstreckgrenze $R_{t0.5_soll}$ nicht mehr erreicht werden.

[0032] Im Ausführungsbeispiel wird zwar auf die Ersatzstreckgrenze (offset yield strength) $R_{t0.5}$ spezifisch eingegangen, die Erfindung ist jedoch nicht darauf beschränkt. Erfindungsgemäß kann es sich auch um eine Streckgrenze (yield strength) R_e , R_{eH} , R_{eL} oder um eine andere Ersatzstreckgrenze (offset yield strength) $R_{p0.2}$, $R_{p1.0}$, $R_{t0.5}$, $R_{t1.0}$, etc. handeln. Zudem ist eine beliebige Kombination aus Streckgrenzen und Ersatzstreckgrenzen vorstellbar.

[0033] Im vorliegenden Anwendungsbeispiel des Verfahrens wird die Stahlsorte X65 verwendet und beispielsweise der Anteil der Legierungselemente Kohlenstoff C, Mangan Mn und Chrom Cr betrachtet. Andere Legierungselemente, die für die Werkstoffeigenschaften auch relevant sein können, werden in diesem Beispiel nicht berücksichtigt, um die Beschreibung des erfindungsgemäßen Verfahrens nicht unnötig kompliziert gestalten zu müssen.

[0034] Die chemische Soll-Zusammensetzung der Stahlsorte X65 weist 0,032 Gew.-% C (Kohlenstoff), 1,65 Gew.-% Mn (Mangan), 0,18 Gew.-% Cr (Chrom) sowie andere Legierungselemente auf. Typischerweise wird bei der Produktion von zahlreichen Schmelzen die Abweichungen der chemischen Zusammensetzung von der Soll-Zusammensetzung im erlaubten Bereich sein: C: plus/minus 0,006 Gew.-%, Mn: plus/minus 0,05 Gew.-%, Cr: plus/minus 0,02 Gew.-%.

[0035] Beispielhafte Walzbrammen W0-W5 der Stahlsorte X65 weisen eine chemische Zusammensetzung nach nachfolgender Tabelle 1 auf.

Tabelle 1: zugeführte Walzbrammen mit Abweichungen in der chemischen Zusammensetzung

Walzbramme	Walzgut	ΔC	ΔMn	ΔCr
	(Blech)	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
W0	0(W0)	0,000	0,00	0,00

(fortgesetzt)

Walzbramme	Walzgut	ΔC	ΔMn	ΔCr
	(Blech)	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
W1	A(W1)	-0,004	-0,03	-0,01
W2	B(W2)	-0,004	-0,03	-0,01
W3	C(W3)	-0,004	-0,03	-0,01
W4	D(W4)	0,003	0,02	0,01
W5	E(W5)	0,003	0,02	0,01

[0036] Ein Vergleich der chemischen Zusammensetzungen der Walzbrammen W1 bis W5 zeigt jeweils die Abweichungen von der chemischen Soll-Zusammensetzung, welche von der Walzbramme W0 aufgewiesen wird. Walzbrammen W4 und W5 weisen eine andere Abweichung in ihrer chemischen Zusammensetzung als Walzbrammen W1-W3 auf.

[0037] Alle Walzbrammen werden an der gleichen Anlage 1 (Walzstraße 2 + Rollenrichtmaschine 3) einem Umformverfahren unterworfen, um die Walzgüter bzw. Bleche 0, A, B, C, D und E zu erhalten. Es handelt sich dabei um Stahlbleche der Stahlsorte X65 mit einer Blechdicke von 20 mm (Millimeter). Die Soll-Zugfestigkeit Rm_{soll} beträgt 600 N/mm² und die Soll-Ersatzstreckgrenze $Rt0.5_{soll}$ beträgt 490 N/mm². Die Walzgüter A(W1), B(W2) und C(W3) werden aus Walzbrammen W1, W2, und W3 erzeugt, die eine Abweichung von einer chemischen Soll-Zusammensetzung nach Tabelle 1 aufweisen.

[0038] Hier ist am fertigen Walzgut A(W1) (ohne Anpassung der Nenn-Betriebsparameter) Zugfestigkeit Rm um ΔRm_{chem} und Ersatzstreckgrenze $Rt0.5$ um $\Delta Rt0.5_{chem}$ verringert. Dies ist in Fig. 1 zu erkennen.

[0039] Damit weisen Walzgüter A(W1) und D(W4), nämlich Stahlbleche mit einer Blechdicke von 20 mm (Millimeter), derselben Stahlsorte, die die Anlage 1 verlassen, eine vergleichsweise hohe Abweichung von Soll-Zugfestigkeit Rm_{soll} und Soll-Ersatzstreckgrenze $Rt0.5_{soll}$ auf.

[0040] Dem tritt die Erfindung entgegen. So wurde an den erfindungsgemäßen Walzgütern B, C und E, nämlich Stahlblechen, ein Verfahren zur Reduktion der Abweichung von der Soll-Zugfestigkeit Rm_{soll} und der Soll-Ersatzstreckgrenze $Rt0.5_{soll}$ durchgeführt.

[0041] Und zwar wird gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren zunächst auf Basis eines mathematischen Modells eine Modell-Zugfestigkeit Rm_{mod} und eine Modell-Ersatzstreckgrenze $Rt0.5_{mod}$ des Walzguts berechnet.

[0042] Eingangsdaten für das mathematische Modell sind unter anderem die chemische Zusammensetzung der der Anlage 1 zuzuführenden Walzbramme, sowie die Betriebsparameter P der Anlage 1 (Warmwalzstraße 2 und nachgeordnete Rollenrichtmaschine 3). Das heißt, mit der chemischen Soll-Zusammensetzung der Walzgüter und den zu dieser Stahlsorte vorgegebenen Nenn-Betriebsparametern P_{nenn} der Anlage 1 berechnet das mathematische Modell als Zugfestigkeit Rm_{mod} die Soll-Zugfestigkeit Rm_{soll} und als Ersatzstreckgrenze $Rt0.5_{mod}$ die Soll-Ersatzstreckgrenze $Rt0.5_{soll}$. Der Einfluss der einzelnen im Modell hinterlegten Betriebsparameter (KST, KR, ETE, ...) sowie der chemischen Zusammensetzung der Stahlsorte ist im mathematischen Modell in Form von Funktionen abgebildet. Dies können lineare Funktionen, aber auch Funktionen höherer Ordnung sein, deren Parameter auf Basis von theoretischen Modellen, Versuchsergebnissen und Messergebnissen aus der Fertigung realer Bleche bestimmt worden sind. In dem in Figur 1 gezeigten Beispiel ist diese Funktion der Zugfestigkeit und Ersatzstreckgrenze für die Kühlstopptemperatur im betrachteten Temperaturbereich (von 300 °C bis 400 °C) als lineare Funktion angenähert.

[0043] Um die der Abweichung von der Soll-Zugfestigkeit Rm_{soll} und der Soll-Ersatzstreckgrenze $Rt0.5_{soll}$ für eine bestimmte chemische Ist-Zusammensetzungen der der Anlage 1 zuzuführenden Walzbrammen zu reduzieren, werden mit dem mathematischen Modell und den Nenn-Betriebsparametern P_{nenn} der Anlage 1 für diese chemische Ist-Zusammensetzungen Zugfestigkeit Rm_{mod} und Ersatzstreckgrenze $Rt0.5_{mod}$ berechnet.

[0044] Die Ergebnisse werden dann mit der Soll-Zugfestigkeit Rm_{soll} und Soll-Ersatzstreckgrenze $Rt0.5_{soll}$ verglichen. Bei einer Differenz zwischen Modell-Zugfestigkeit Rm_{mod} und Soll-Zugfestigkeit Rm_{soll} und zwischen Modell-Ersatzstreckgrenze $Rt0.5_{mod}$ und Soll-Streckgrenze/-Ersatzstreckgrenze $Rt0.5_{soll}$ werden die Nenn-Betriebsparameter P_{nenn} angepasst, um damit die Abweichung von der Soll-Zugfestigkeit Rm_{soll} und der Soll-Ersatzstreckgrenze $Rt0.5_{soll}$ zu erniedrigen. Das heißt, es werden im weiteren Verlauf des Verfahrens nicht mehr die vorgegebenen Nenn-Betriebsparameter P_{nenn} , sondern angepasste Betriebsparameter P_{adapt} verwendet.

[0045] Und zwar wird erfindungsgemäß als erster angepasster Betriebsparameter P_{adapt} eine über die Dicke des Walzguts gemittelte Kühlstopptemperatur KST erhöht oder erniedrigt. Bei der Kühlstopptemperatur KST handelt es sich um jene Temperatur, bei der die beschleunigte Abkühlung des Walzguts nach dem Fertigwalzen unterbrochen wird, was in Fig. 4 zu erkennen ist.

[0046] Als zweiter angepasster Betriebsparameter P_{adapt} wird erfindungsgemäß eine Eintauchtiefe ETE einer

Richtrolle der als Richtdreieck bezeichneten Rollen 5a, 5b, 5c im Einlauf 3a der Rollenrichtmaschine 3 erhöht oder erniedrigt, was in Fig. 5 zu erkennen ist. Vorzugsweise wird hier die Eintauchtiefe ETE einer zweiten Richtrolle 5b in einem ersten Richtdreieck des Einlaufs 3a erhöht oder erniedrigt. In diesen Einlauf 3a läuft das auf eine Enddicke D fertigge-

walzte Walzgut 4 mit dieser Dicke D ein. Wie in Fig. 5 zu erkennen, weist die Rollenrichtmaschine 3 zwei Reihen 3b, 3c aus Richtrollen 5a bis 5i auf.

[0047] Die obere Reihe 3c der oberen Richtrollen 5b, 5d, 5f, 5h ist geneigt, was daran zu erkennen ist, dass sich die Ebene E2 mit den Drehachsen der oberen Richtrollen 5b, 5d, 5f, 5h mit der, insbesondere horizontalen, Ebene E1 mit den Drehachsen der unteren Richtrollen 5a, 5c, 5e, 5g, 5i der unteren Reihe 3b schneidet.

[0048] Durch diese Neigung fällt beispielsweise die von den ersten Richtrollen 5a, 5b, 5c herbeigeführte Verformung relativ stark aus und nimmt in den nachfolgenden Richtrollen 5d bis 5i stetig ab. Damit wird beim Durchlaufen das Walzgut 4 abwechselnd nach oben und unten gebogen, was bewirkt, dass das Walzgut 4 eine wechselweisen Biegebeanspruchung ausgesetzt wird, was zu wechselweisen Zug- und Druckspannungen an den Walzgutoberseite und Walzgutunterseite führt.

[0049] Mit dieser Kombination der Anpassung beider Betriebsparameter, nämlich angepasste Kühlstopptemperatur KST_adapt und angepasste Eintauchtiefe ETE_adapt, können trotz abweichender chemischer Zusammensetzung der zugeführten Walzbrammen Abweichungen in mehr als einer mechanischen Werkstoffkenngröße der fertigen Walzgüter verringert werden.

[0050] Zusätzlich kann beispielsweise auch noch ein dritter Betriebsparameter angepasst werden. Hierzu wird eine über die Abkühlzeit t_{KR} gemittelte Abkühlrate KR der beschleunigten Abkühlung des Walzguts (beginnend bei der Kühlstarttemperatur K_{start} und endend bei der Kühlstopptemperatur KST, wie in Fig. 4 dargestellt) nach dem Fertigwalzen erhöht oder erniedrigt. Diese Anpassung der Betriebsparameter muss für jede Charge von Walzbrammen mit einer unterschiedlichen Abweichung der chemischen Soll-Zusammensetzung neu durchgeführt werden.

[0051] Tabelle 2 zeigt die rechnerischen ermittelten mechanischen Werkstoffkenngrößen für Bleche, welche aus den Walzbrammen W0-W5 gefertigt werden können.

Tabelle 2: mechanische Werkstoffkenngrößen der Walzgüter

Blech	Betriebsparameter (P)	Modell-Zugfestigkeit R_{m_mod} [N/mm ²]	Modell-Ersatzstreckgrenze $R_{t0.5_mod}$ [N/mm ²]	Differenz zur Soll-Zugfestigkeit R_{m_soll} [N/mm ²]	Differenz zur Soll-Ersatzstreckgrenze $R_{t0.5_soll}$ [N/mm ²]
0(W0)	P_nenn	600	490	0	0
A(W1)	P_nenn	587,7	477,7	-12,3	-12,3
B(W2)	P_adapt1	600,3	494,2	0,3	4,2
C(W3)	P_adapt2	600,1	491,2	0,1	1,2
D(W4)	P_nenn	609,3	499,3	9,3	9,3
E(W5)	P_adapt3	600,4	490,3	0,4	0,3

[0052] Die Walzbramme W0 hat in ihrer chemischen Zusammensetzung keine Abweichung von der chemischen Soll-Zusammensetzung und dadurch ergibt die Berechnung des mathematischen Modells mit den Nenn-Betriebsparametern P_nenn auch keine Abweichung in den berechneten mechanischen Werkstoffkenngrößen.

[0053] Die Walzbrammen W1 und W4 werden auch keiner Anpassung der Betriebsparameter P unterworfen, sondern mit den Nenn-Betriebsparameter P_nenn gefertigt bzw. berechnet, was an den Blechen A(W1) und D(W4) zu den nach Tabelle 2 angeführten rechnerischen ermittelten mechanischen Werkstoffkenngrößen führt.

[0054] Die Walzbrammen W2, W3 und W5 werden auf Grund der Abweichung der chemischen Ist-Zusammensetzung von der chemischen Soll-Zusammensetzung einer erfindungsgemäßen Korrektur der Betriebsparameter unterzogen, was an den Blechen B(W2), C(W3) und E(W5) zu den nach Tabelle 2 angeführten rechnerischen ermittelten mechanischen Werkstoffkenngrößen führt.

[0055] Tabelle 3 zeigt verschiedene zu den Walzgütern/Blechen 0(W0) - E(W5) zugehörige Betriebsparameter P der Anlage.

Tabelle 3: Betriebsparameter P der Anlage mit Walzstraße und Rollenrichtmaschine

Betriebsparameter (P)	Blech	Kühlstopptemperatur (KST) [°C]	Eintauchtiefe im Einlauf (ETE) [mm]	Abkühlrate (KR) [°C/s]
P_nenn	0(W0)	380	5,4	25

(fortgesetzt)

Betriebsparameter (P)	Blech	Kühlstopptemperatur (KST) [°C]	Eintauchtiefe im Einlauf (ETE) [mm]	Abkühlrate (KR) [°C/s]
P_nenn	A(W1)	380	5,4	25
P_adapt1	B(W2)	350	6,9	25
P_adapt2	C(W3)	350	5,9	29
P_nenn	D(W4)	380	5,4	25
P_adapt3	E(W5)	405	4,9	23

[0056] Die Bleche A(W1) sowie D(W4) werden mit den Nenn-Betriebsparametern P_nenn gefertigt, die Bleche B(W2) und C(W3) und E(W5) werden mit den adaptierten Werten P_adapt1 bzw. P_adapt2 bzw. P_adapt3 gefertigt.

[0057] Wie nach Tabelle 2 zu erkennen ist, weisen die Bleche B(W2) und C(W3) deutlich geringere Abweichungen zur vorgegebenen Soll-Zugfestigkeit Rm_soll und vorgegebenen Soll-Ersatzstreckgrenze Rt0.5_soll auf, als dies bei den Blechen A(W1) der Fall ist, obwohl die Abweichungen von der chemischen Soll-Zusammensetzung jeweils die gleichen sind. Dies gilt analog für das Blech E(W5) im Vergleich zum Blech D(W4).

[0058] Das ist auf die erfindungsgemäß angepassten Betriebsparameter P_adapt der Anlage 1, umfassend Walzstraße 2 und Rollenrichtmaschine 3, zurückzuführen.

[0059] Diese Anpassungen erfolgten nach dem erfindungsgemäßen Verfahren folgendermaßen:

Im Fall der Walzbrammen W2 und W3 führt die Abweichung der chemischen Zusammensetzung von der chemischen Soll-Zusammensetzung zu einer um ΔRm_{chem} erniedrigten Zugfestigkeit sowie einer um $\Delta Rt0.5_{chem}$ erniedrigten Ersatzstreckgrenze, wie in Fig. 1 dargestellt. Es besteht daher zwischen der erfindungsgemäß berechneten Modell-Zugfestigkeit Rm_mod eine negative Differenz zur Soll-Zugfestigkeit Rm_soll. Ebenso besteht eine negative Differenz zwischen der Modell-Ersatzstreckgrenze Rt0.5_mod und der Soll-Ersatzstreckgrenze Rt0.5_soll.

[0060] Das erfindungsgemäße Verfahren erniedrigt sohin für Blech B(W2) den ersten Betriebsparameter der Nenn-Betriebsparameter P_nenn, nämlich die Kühlstopptemperatur KST_nenn, um 30 °C auf die angepasste Kühlstopptemperatur KST_adapt, nämlich auf 350 °C.

[0061] Diese Anpassung auf die Kühlstopptemperatur KST_adapt erhöht die Modell-Zugfestigkeit Rm_mod um einen Betrag ΔRm_{KST} , nämlich um 3,6 N/mm². Nachteilig erniedrigt dies die Modell-Ersatzstreckgrenze Rt0.5_mod um einen Betrag $\Delta Rt0.5_{KST}$, nämlich um 3 N/mm², wie in Fig. 1 zu erkennen.

[0062] Um dies zu kompensieren, wird der zweite Betriebsparameter, nämlich die Eintauchtiefe ETE_adapt einer Richtrolle im Vergleich mit dem betreffenden Nenn-Betriebsparameter P_nenn durch Erhöhung der Eintauchtiefe ETE der Nenn-Betriebsparameter P_nenn angepasst. Dies erhöht die Modell-Ersatzstreckgrenze Rt0.5_mod um einen Betrag $\Delta Rt0.5_{ETE}$, nämlich zum 19,5 N/mm². Wie zudem der Fig. 1 zu entnehmen, ist der Betrag $\Delta Rt0.5_{ETE}$ deutlich höher als der Betrag $\Delta Rt0.5_{KST}$. Zudem erhöht sich die Modell-Zugfestigkeit Rm_mod um einen Betrag ΔRm_{ETE} , nämlich um 9 N/mm².

[0063] Damit kann die Abweichung zur Soll-Ersatzstreckgrenze Rt0.5_soll und Soll-Zugfestigkeit Rm_soll des Blechs B(W2) durch angepasste Betriebsparameter P_adapt1 erheblich reduziert werden, wie in Tabelle 2 zu erkennen. Im Vergleich dazu erkennt man nach Tabelle 2 am Blech A(W1), hergestellt unter Verwendung von Nenn-Betriebsparameter P_nenn, eine erhebliche Abweichung von der Soll-Ersatzstreckgrenze Rt0.5_soll und Soll-Zugfestigkeit Rm_soll.

[0064] Eine weitere Verbesserung kann durch angepasste Betriebsparameter P_adapt2 erreicht werden, wie dies am Blech C(W3) gezeigt ist. Hier wird nämlich zusätzlich ein dritter Betriebsparameter angepasst, und zwar wird die über die Abkühlzeit gemittelte Abkühlrate KR_adapt durch Erhöhung der Nenn-Abkühlrate KR_nenn der Nenn-Betriebsparameter P_nenn angepasst. Dies erhöht die Modell-Zugfestigkeit Rm_mod um einen Betrag ΔRm_{KR} , nämlich um 5,8 N/mm². Auch erhöht dies die Modell-Ersatzstreckgrenze Rt0.5_mod um einen Betrag $\Delta Rt0.5_{KR}$, wie in Fig. 1 zu erkennen, nämlich um 10 N/mm². Das Blech C(W3) kommt daher der Soll-Ersatzstreckgrenze Rt0.5_soll und der Soll-Zugfestigkeit Rm_soll noch näher als Blech B(W2). Außerdem kann bei der Hinzunahme der Korrektur des dritten Betriebsparameters die Höhe der Änderung des zweiten Betriebsparameters reduziert werden.

[0065] Im vorliegenden Beispiel beträgt die Korrektur des zweiten Betriebsparameters, nämlich die Eintauchtiefe ETE_adapt der zweiten Richtrolle im Falle B(W2) 1,5 mm, sofern der dritte Betriebsparameter, nämlich die Abkühlrate, nicht angepasst wird. Hingegen beträgt die Korrektur des zweiten Betriebsparameters bei C(W3) 0,5 mm, da hier zusätzlich der dritte Betriebsparameter angepasst wird. Dies kann sich zudem vorteilhaft auf andere Produkteigenschaften auswirken.

[0066] Im Fall der Walzbramme W5 führt die Abweichung der chemischen Zusammensetzung von der chemischen Soll-Zusammensetzung zu einer um ΔRm_{chem} erhöhten Zugfestigkeit sowie einer um $\Delta Rt0.5_{chem}$ erhöhten Ersatzstreckgrenze. Es besteht daher zwischen der erfindungsgemäß berechneten Modell-Zugfestigkeit Rm_mod eine positive

Differenz zur Soll-Zugfestigkeit R_{m_soll} . Ebenso besteht eine positive Differenz zwischen der Modell-Ersatzstreckgrenze $R_{t0.5_mod}$ und der Soll-Ersatzstreckgrenze $R_{t0.5_soll}$.

[0067] Das erfindungsgemäße Verfahren erhöht sohin für Blech E(W5) den ersten Betriebsparameter der Nenn-Betriebsparameter P_{nenn} , nämlich die Kühlstopptemperatur KST_{nenn} , um 25 °C auf die angepasste Kühlstopptemperatur KST_{adapt} , nämlich auf 405 °C. Diese Anpassung auf die Kühlstopptemperatur KST_{adapt} erniedrigt die Modell-Zugfestigkeit R_{m_mod} um einen Betrag ΔR_{m_KST} , nämlich um 3,0 N/mm² und erhöht die Modell-Ersatzstreckgrenze $R_{t0.5_mod}$ um einen Betrag $\Delta R_{t0.5_KST}$ von 2,5 N/mm². Außerdem wird der zweite Betriebsparameter, nämlich die Eintauchtiefe einer Richtrolle ETE_{nenn} , im Vergleich mit dem betreffenden Nenn-Betriebsparameter P_{nenn} auf ETE_{adapt} angepasst. Dies erniedrigt die Modell-Zugfestigkeit um einen Betrag ΔR_{m_ETE} von 3,0 N/mm² und die Modell-Ersatzstreckgrenze $R_{t0.5_mod}$ um einen Betrag $\Delta R_{t0.5_ETE}$, nämlich um 6,5 N/mm². Die Anpassung des dritten Betriebsparameters, der mittleren Kühlrate, ergibt eine um den Betrag von ΔR_{m_KR} erniedrigte Modell-Zugfestigkeit von 2,9 N/mm² und eine um den Betrag von $\Delta R_{t0.5_KR}$ erniedrigte Modell-Ersatzstreckgrenze von 5,0 N/mm².

[0068] Es sei zudem erwähnt, dass die Abweichungen der einzelnen Legierungselemente sowohl positiv als auch negativ sein können. Dadurch können Beiträge zu den jeweiligen Festigkeitsabweichungen unterschiedliche Vorzeichen aufweisen, was im mathematischen Modell entsprechend berücksichtigt wird. Dies kann in bestimmten Fällen dazu führen, dass sich die Einflüsse einzelner Legierungselemente auf die mechanischen Eigenschaften gegenseitig kompensieren und keine Korrektur notwendig ist.

[0069] Mit der erfindungsgemäßen Anpassung der Nenn-Betriebsparameter P_{nenn} kann die Standardabweichung in der Produktion deutlich reduziert werden, wie dies in den Figuren 2 und 3 zu erkennen ist. Dabei zeigen Figuren 2 bzw. 3 Normalverteilungen, die sich bei einem Auftragen einer relativen Häufigkeit $hn(R_m)$ bzw. $hn(R_{t0.5})$ von Messwerten zu Zugfestigkeit R_m bzw. Ersatzstreckgrenze $R_{t0.5}$ über eine Skala in N/mm² ergeben. Diese Messungen sind nach ASTM Norm A370 (Zugversuch bei Raumtemperatur) an einer Vielzahl von Blechen (größer 1000) mit der Probenrichtung quer zur Walzrichtung ohne das erfindungsgemäße Verfahren und mit erfindungsgemäßigem Verfahren durchgeführt worden.

[0070] Wie in Fig. 2 und 3 zu erkennen, ist die Standardabweichung in der Herstellung einer Vielzahl an Walzgütern, nämlich Stahlblechen mit einer Blechdicke von 20 mm derselben Stahlsorte, nämlich X65, mit unveränderten Nenn-Betriebsparametern P_{nenn} deutlich höher als dies bei der Herstellung mit angepassten Betriebsparametern P_{adapt1} und P_{adapt2} der Fall ist. Des Weiteren ist eine Verbesserung in der Standardabweichung zwischen den angepassten Betriebsparametern P_{adapt1} , bei dem der erste und zweite Betriebsparameter KST , ETE angepasst wurden, und P_{adapt2} , bei dem der erste, zweite und dritte Betriebsparameter KST , ETE , KR angepasst wurden, erkennbar.

[0071] So beträgt nach Fig. 2 die Standardabweichung der Zugfestigkeit R_m ca. 15 N/mm², wenn die Nenn-Betriebsparameter angewendet werden. Bei Anwendung von adaptierten Betriebsparametern P_{adapt1} kann diese Standardabweichung auf ca. 14 N/mm² und bei Anwendung von adaptierten Betriebsparametern P_{adapt2} auf ca. 12 N/mm² reduziert werden.

[0072] Der Festigkeitswert beim Scheitelwert der Normalverteilung hingegen bleibt, unabhängig ob das erfindungsgemäße Verfahren eingesetzt wird oder nicht, annähernd konstant, weil einerseits die chemische Soll-Zusammensetzung dem arithmetischen Mittelwert der jeweils zulässigen Ober- bzw. Untergrenzen der Legierungselemente entspricht und die Abweichung der chemischen Ist-Zusammensetzung von der chemischen Soll-Zusammensetzung auch eine Normalverteilung aufweist. Der Festigkeitswert des Scheitelwerts der gemessenen Normalverteilung entspricht ungefähr dem vom mathematischen Modell mit chemischer Soll-Zusammensetzung und Nenn-Betriebsparametern P_{nenn} berechneten Wert.

[0073] Eine deutliche Verbesserung ist auch nach Fig. 3 zur Standardabweichung der Ersatzstreckgrenze $R_{t0.5}$ zu erkennen. So beträgt nach Fig. 3 die Standardabweichung der Ersatzstreckgrenze $R_{t0.5}$ ca. 17 N/mm², wenn die Nenn-Betriebsparameter angewendet werden. Bei Anwendung von adaptierten Betriebsparametern P_{adapt1} kann diese Standardabweichung auf ca. 16 N/mm² und bei Anwendung von adaptierten Betriebsparameter P_{adapt2} auf ca. 13 N/mm² reduziert werden.

[0074] Diese Anpassung kann, auf konstruktiv einfache Weise gelöst, von einer mathematischen Optimierungsrechnung reproduzierbar durchgeführt werden.

[0075] Mithilfe der Optimierungsrechnung, beispielsweise mithilfe von diskreten Iterationen, kann nämlich schnell und einfach jene Erhöhung oder Erniedrigung des ersten Betriebsparameters im Vergleich mit dem betreffenden Nenn-Betriebsparameter und jene Erniedrigung oder Erhöhung des zweiten Betriebsparameters im Vergleich mit dem betreffenden Nenn-Betriebsparameter sowie optional jene Erhöhung oder Erniedrigung des dritten Betriebsparameters im Vergleich mit dem betreffenden Nenn-Betriebsparameter errechnet werden, um die kleinstmögliche Differenz zwischen Modell-Zugfestigkeit R_{m_mod} und Soll-Zugfestigkeit R_{m_soll} und zwischen Modell-Ersatzstreckgrenze $R_{t0.5_mod}$ und Soll-Ersatzstreckgrenze $R_{t0.5_soll}$ zu finden.

[0076] Bei der Optimierungsrechnung kann zudem beispielsweise festgelegt werden, mit welcher Gewichtung die Abweichungen der Modell-Werte von den Sollwerten belegt werden. In diesem Ausführungsbeispiel wurden sowohl die Abweichung von der Ersatzstreckgrenze, als auch die Abweichung von der Zugfestigkeit mit jeweils 0,5 gewichtet. Die Summe der Gewichtungen muss den Wert 1 ergeben. Außerdem wurden in diesem Ausführungsbeispiel nur Ergebnisse

zugelassen, welche zu Modell-Zugfestigkeiten Rm_mod und Modell-Ersatzstreckgrenzen $Rt0.5_mod$ führen, die größer als die Soll-Zugfestigkeit Rm_soll bzw. die Soll-Streckgrenze/-Ersatzstreckgrenze $Rt0.5_soll$ sind.

[0077] Beispielsweise kann es sich bei dem durch die Anlage 1 erzeugten Walzgut 4 um ein Grobblech (Flacherzeugnis gemäß DIN EN 10079) beispielsweise aus einer Stahllegierung handeln. Solch ein Grobblech kann eine Blechdicke im Bereich von 8 bis 150 mm, insbesondere im Bereich von 25 bis 120 mm, aufweisen.

[0078] Im Allgemeinen wird festgehalten, dass "insbesondere" als "more particularly" ins Englische übersetzt werden kann. Ein Merkmal, dem "insbesondere" vorangestellt ist, ist als fakultatives Merkmal zu betrachten, das weggelassen werden kann, und stellt damit keine Einschränkung, beispielsweise der Ansprüche, dar. Das Gleiche gilt für "vorzugsweise", ins Englische übersetzt als "preferably".

Patentansprüche

1. Verfahren zur Reduktion einer Abweichung von einer Soll-Zugfestigkeit (Rm_soll) und einer Soll-Streckgrenze/-Ersatzstreckgrenze ($Re_soll/Rp0.2_soll, Rt0.5_soll$ etc.) von, mit einer Anlage (1), die zumindest eine Warmwalzstraße (2) und zumindest eine der Warmwalzstraße (2) nachgeordneten Rollenrichtmaschine (3) aufweist, hergestellten Walzgütern (4), insbesondere Stahlblechen, aus dieser Anlage zugeführten ein- oder mehrlagigen Walzbrammen oder Walzblöcken einer gemeinsamen Stahlsorte, deren jeweilige Stahllegierung in der chemischen Ist-Zusammensetzung herstellungsbedingt in zumindest einem Legierungselement von der chemischen Soll-Zusammensetzung dieser Stahlsorte abweicht, bei dem auf Basis eines mathematischen Modells, das zumindest aus zu dieser Stahlsorte vorgegebenen Nenn-Betriebsparametern (P_nenn) der Anlage (1), sowie aus der abweichenden chemischen Ist-Zusammensetzung, der der Anlage (1) zuzuführenden Walzbramme oder des der Anlage (1) zuzuführenden Walzblocks eine Modell-Zugfestigkeit (Rm_mod) und eine Modell-Streckgrenze/-Ersatzstreckgrenze ($Rt0.5_mod$) des Walzguts (4) berechnet wird, und nachfolgend bei einer Differenz zwischen Modell-Zugfestigkeit (Rm_mod) und Soll-Zugfestigkeit (Rm_soll) und zwischen Modell-Streckgrenze/-Ersatzstreckgrenze ($Rt0.5_mod$) und Soll-Streckgrenze/-Ersatzstreckgrenze ($Rt0.5_soll$) mehrere Betriebsparameter der Nenn-Betriebsparameter (P_nenn) der Anlage (1) angepasst werden, um damit die Abweichung von der Soll-Zugfestigkeit (Rm_soll) und der Soll-Streckgrenze/-Ersatzstreckgrenze ($Rt0.5_soll$) zu reduzieren, wobei die angepassten Betriebsparameter umfassen:

Erhöhung oder Erniedrigung einer, insbesondere über die Dicke des Walzguts gemittelten, Kühlstopptemperatur (KST), bei der die beschleunigte Abkühlung des Walzguts (4) nach dem Fertigwalzen unterbrochen wird, als erster angepasster Betriebsparameter an der Warmwalzstraße (2) der Anlage (1);

Erhöhung oder Erniedrigung einer Eintauchtiefe (ETE) einer Richtrolle im Einlauf (3a), insbesondere einer zweiten Richtrolle in einem ersten Richtdreieck des Einlaufs (3a), der Rollenrichtmaschine (3) als zweiter angepasster Betriebsparameter an der Rollenrichtmaschine (3) der Anlage (1);

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die angepassten Betriebsparameter zusätzlich umfassen:

Erhöhung oder Erniedrigung einer, insbesondere über die Abkühlzeit gemittelten, Abkühlrate (KR) einer beschleunigten Abkühlung des Walzguts (4) nach dem Fertigwalzen als dritter angepasster Betriebsparameter an der Warmwalzstraße (2) der Anlage (1);

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einer negativen Differenz zwischen Modell-Zugfestigkeit (Rm_mod) und Soll-Zugfestigkeit (Rm_soll) sowohl der erste Betriebsparameter durch Erniedrigung als auch der zweite Betriebsparameter durch Erhöhung angepasst werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einer positiven Differenz zwischen Modell-Zugfestigkeit (Rm_mod) und Soll-Zugfestigkeit (Rm_soll) sowohl der erste Betriebsparameter durch Erhöhung als auch der zweite Betriebsparameter durch Erniedrigung angepasst werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** mithilfe einer Optimierungsrechnung jene Erhöhung oder Erniedrigung des ersten Betriebsparameters im Vergleich mit dem betreffenden Nenn-Betriebsparameter (P_nenn) und jene Erniedrigung oder Erhöhung des zweiten Betriebsparameters im Vergleich mit dem betreffenden Nenn-Betriebsparameter (P_nenn) sowie optional jene Erhöhung oder Erniedrigung des dritten Betriebsparameters im Vergleich mit dem betreffenden Nenn-Betriebsparameter (P_nenn) errechnet wird, bei der die Differenzen zwischen Modell-Zugfestigkeit (Rm_mod) und Soll-Zugfestigkeit (Rm_soll) und zwischen Modell-Streckgrenze/-Ersatzstreckgrenze ($Rt0.5_mod$) und Soll-Streckgrenze/-Ersatzstreckgrenze ($Rt0.5_soll$) am niedrigsten

sind.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der Optimierungsrechnung der erste Betriebsparameter durch Erhöhung im Vergleich mit dem betreffenden Nenn-Betriebsparameter (P_{nenn}) angepasst wird, um damit die Modell-Zugfestigkeit (Rm_{mod}) zu erniedrigen und die Modell-Streckgrenze/- Ersatzstreckgrenze ($Rt0.5_{\text{mod}}$) zu erhöhen.
7. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der Optimierungsrechnung der erste Betriebsparameter durch Erniedrigung des betreffenden Nenn-Betriebsparameters (P_{nenn}) angepasst wird, um damit die Modell-Zugfestigkeit (Rm_{mod}) zu erhöhen und die Modell-Streckgrenze/- Ersatzstreckgrenze ($Rt0.5_{\text{mod}}$) zu erniedrigen.
8. Verfahren nach Anspruch 5, 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der Optimierungsrechnung der zweite Betriebsparameter durch Erhöhung des betreffenden Nenn-Betriebsparameters (P_{nenn}) angepasst wird, um damit die Modell-Zugfestigkeit (Rm_{mod}) und die Modell-Streckgrenze/-Ersatzstreckgrenze ($Rt0.5_{\text{mod}}$) zu erhöhen.
9. Verfahren nach Anspruch 5, 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der Optimierungsrechnung der zweite Betriebsparameter durch Erniedrigung des betreffenden Nenn-Betriebsparameters (P_{nenn}) angepasst wird, um damit die Modell-Zugfestigkeit (Rm_{mod}) und die Modell-Streckgrenze/-Ersatzstreckgrenze ($Rt0.5_{\text{mod}}$) zu erniedrigen.
10. Verfahren nach Anspruch 5, 6, 7, 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der Optimierungsrechnung der dritte Betriebsparameter durch Erhöhung des betreffenden Nenn-Betriebsparameters (P_{nenn}) angepasst wird, um damit die Modell-Zugfestigkeit (Rm_{mod}) und die Modell-Streckgrenze/-Ersatzstreckgrenze ($Rt0.5_{\text{mod}}$) zu erhöhen.
11. Verfahren nach Anspruch 5, 6, 7, 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der Optimierungsrechnung der dritte Betriebsparameter durch Erniedrigung des betreffenden Nenn-Betriebsparameters (P_{nenn}) angepasst wird, um damit die Modell-Zugfestigkeit (Rm_{mod}) und die Modell-Streckgrenze/-Ersatzstreckgrenze ($Rt0.5_{\text{mod}}$) zu erniedrigen.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Optimierungsrechnung unter Anwendung einer mathematischen, insbesondere diskreten, Optimierungsmethode erfolgt.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Betriebsparameter im Bereich von plus/minus 100 °C zum betreffenden Nenn-Betriebsparametern (P_{nenn}) und der zweite Betriebsparameter im Bereich von plus/minus 30 % zum betreffenden Nenn-Betriebsparametern (P_{nenn}) angepasst wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der dritte Betriebsparameter im Bereich von plus/minus 30 % zum betreffenden Nenn-Betriebsparametern (P_{nenn}) angepasst wird.
15. Anlage zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 14, mit einer Warmwalzstraße (2), die eine Kühleinrichtung mit einem ersten Stellglied zum Einstellen einer Kühlstopptemperatur (KST) einer beschleunigten Abkühlung des Walzguts (4) nach dem Fertigwalzen aufweist, mit einer der Warmwalzstraße (2) nachgeordneten Rollenrichtmaschine (3), die ein zweites Stellglied zum Einstellen der Eintauchtiefe (ETE) einer Richtrolle im Einlauf (3a) der Rollenrichtmaschine (3) aufweist, und mit einer Steuer- oder Regeleinrichtung, die das mathematische Modell aufweist und mit den Stellgliedern der Kühleinrichtung und der Rollenrichtmaschine (3) zur Übertragung von adaptierten Nenn-Betriebsparametern (P_{nenn}) verbunden ist.
16. Anlage nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühleinrichtung ein drittes Stellglied zum Einstellen einer Abkühlrate (KR) der beschleunigten Abkühlung des Walzguts (4) nach dem Fertigwalzen aufweist.

FIG. 1

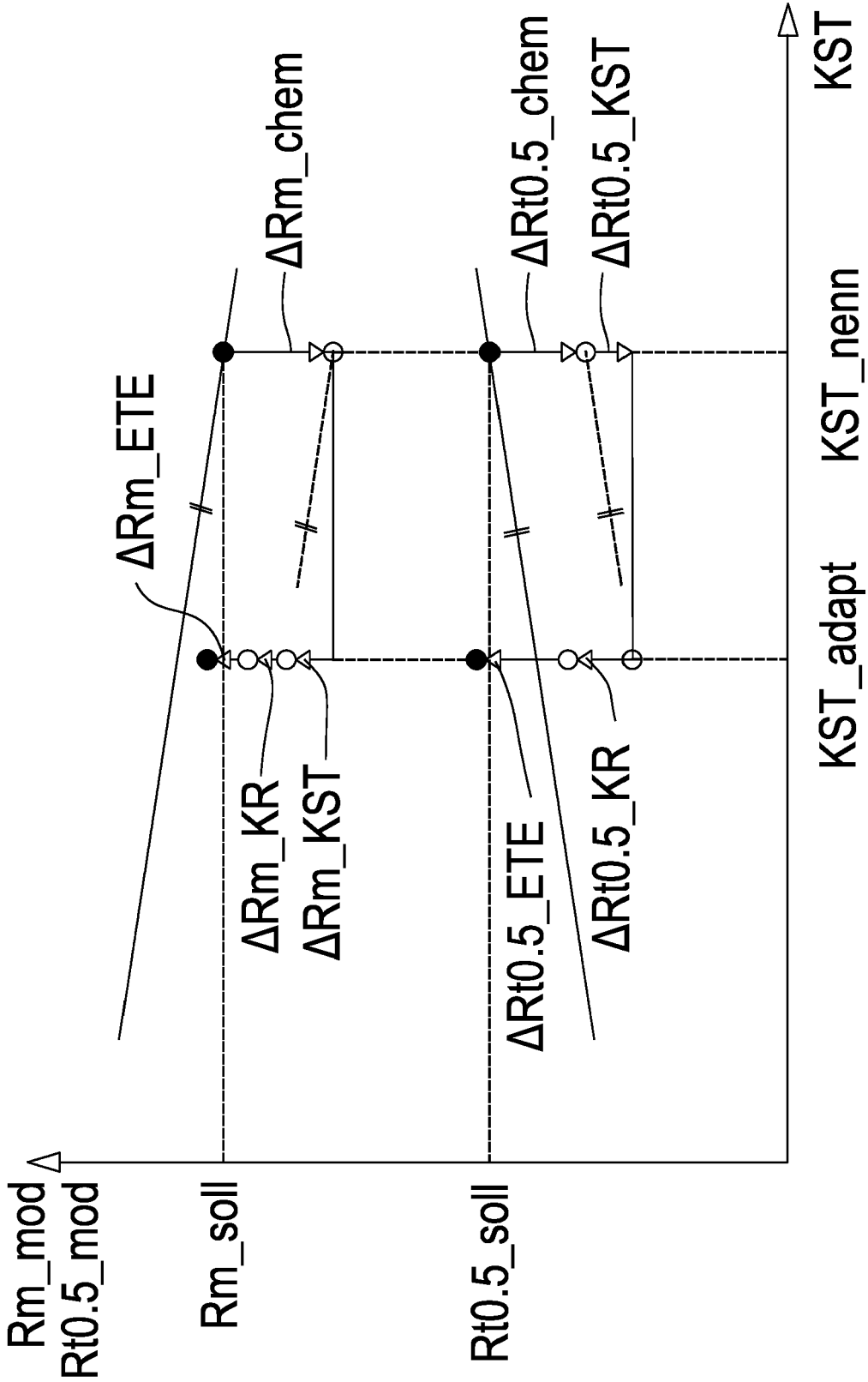


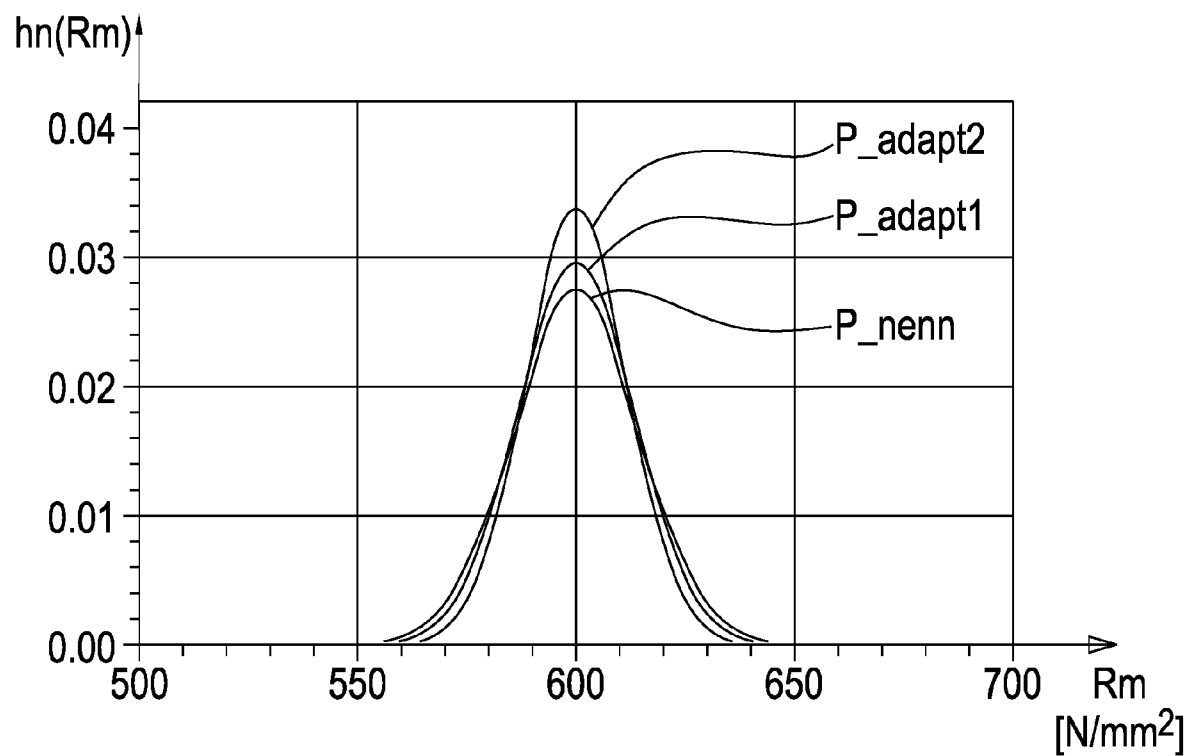
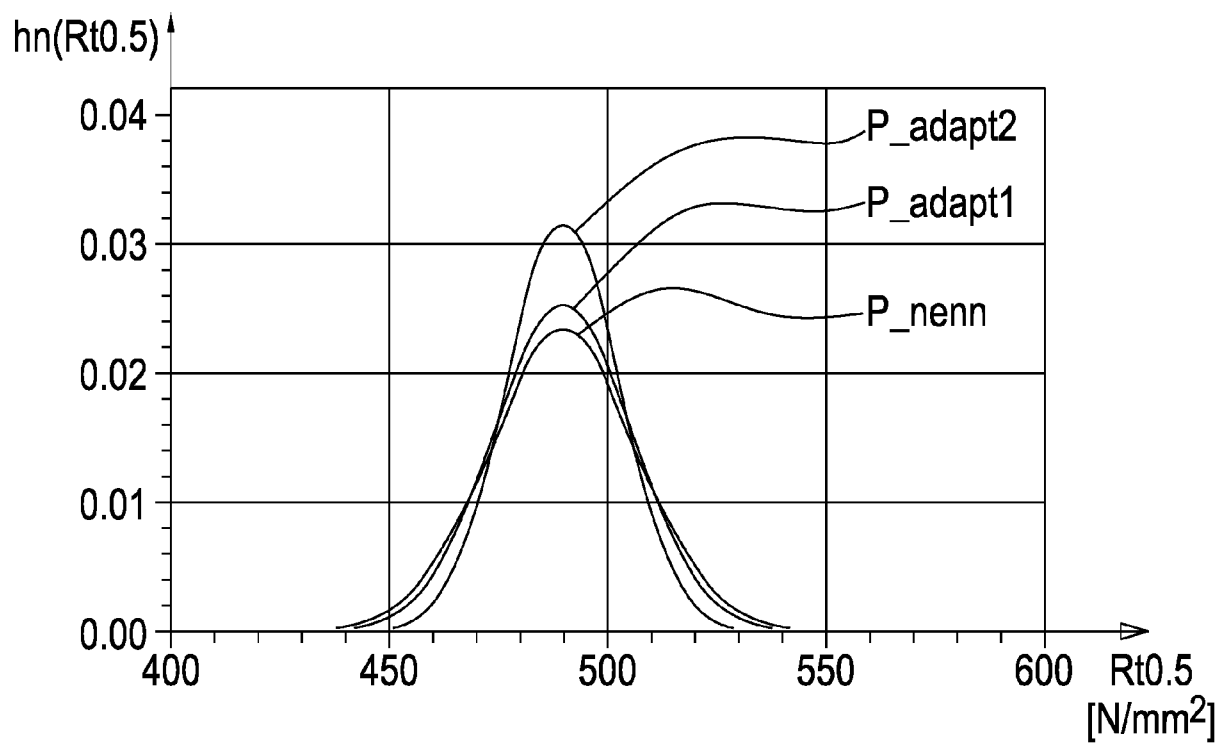
FIG.2**FIG.3**

FIG.4

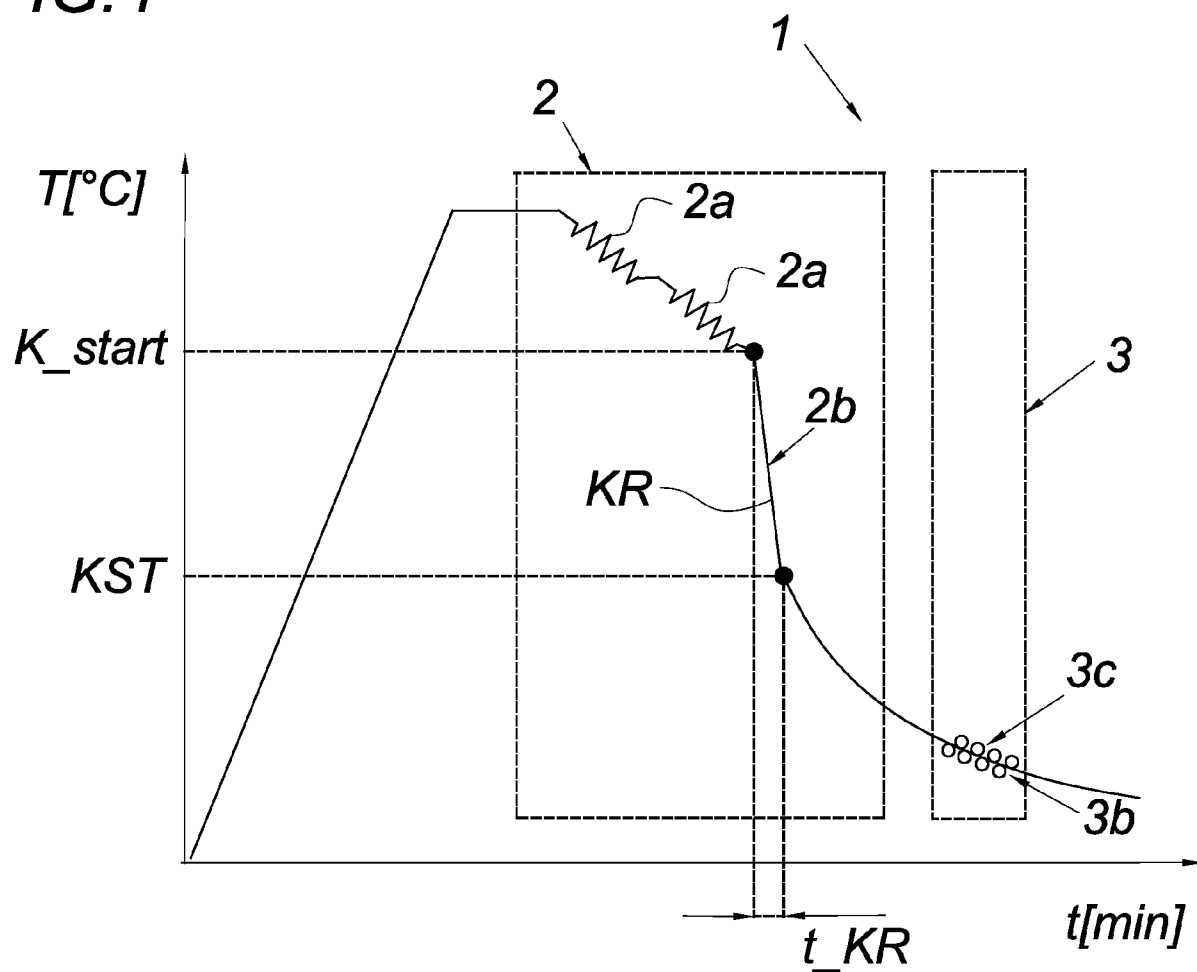
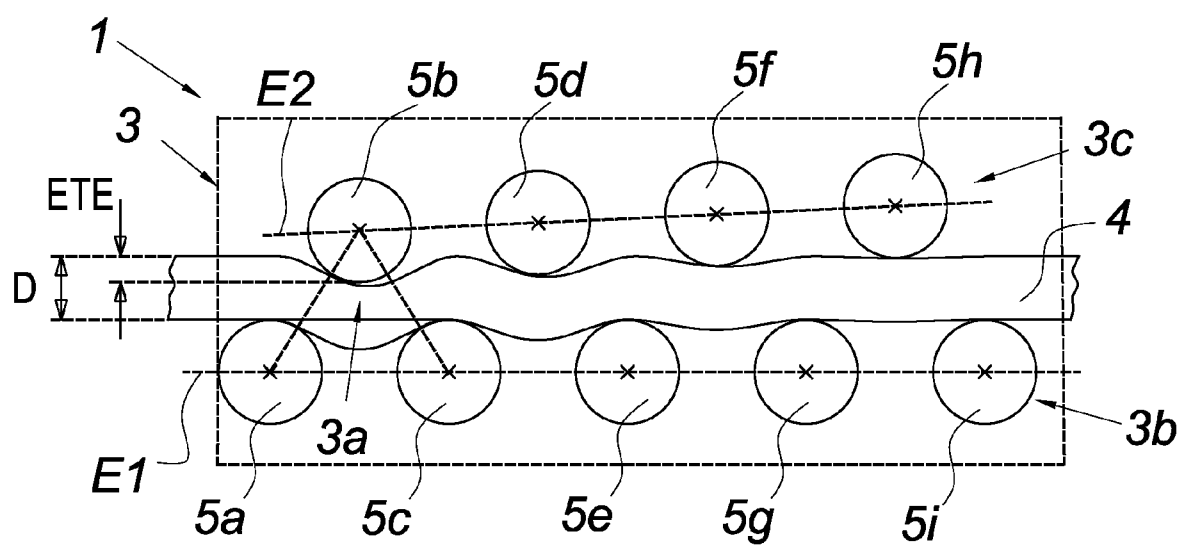


FIG.5





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 23 19 7944

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

2

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	WO 2019/012002 A1 (TATA STEEL NEDERLAND TECH BV [NL]) 17. Januar 2019 (2019-01-17) * Zusammenfassung * * Anspruch 1 * * Anspruch 5 * * Abbildung 1 * -----	1-16	INV. B21B1/22 B21B37/28 B21B37/74 B21B37/76 B21B45/02 B21D1/02
A	CN 1 664 550 A (UNIV NORTHEASTERN [CN]) 7. September 2005 (2005-09-07) * Zusammenfassung * * Ansprüche 1-6 *	1-16	
A	NWACHUKWU PETER U. ET AL: "Effects of rolling process parameters on the mechanical properties of hot-rolled St60Mn steel", CASE STUDIES IN CONSTRUCTION MATERIALS, [Online] Bd. 6, 1. Juni 2017 (2017-06-01), Seiten 134-146, XP093133048, ISSN: 2214-5095, DOI: 10.1016/j.cscm.2017.01.006 Gefunden im Internet: URL:https://dx.doi.org/10.1016/j.cscm.2017.01.006> [gefunden am 2024-03-02] * das ganze Dokument * ----- -/--	1-16	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) B21B B21D C21D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 5. März 2024	Prüfer Vermeulen, Yves
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	



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 23 19 7944

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

2

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)
A	STERJOVSKI Z ET AL: "Artificial neural networks for modelling the mechanical properties of steels in various applications", JOURNAL OF MATERIALS PROCESSING TECHNOLOGY, ELSEVIER, NL, Bd. 170, Nr. 3, 30. Dezember 2005 (2005-12-30), Seiten 536-544, XP027806151, ISSN: 0924-0136 [gefunden am 2005-12-30] * das ganze Dokument * -----	1-16	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 5. März 2024	Prüfer Vermeulen, Yves
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 23 19 7944

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten
 Patentedokumente 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.

05-03-2024

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2019012002 A1	17-01-2019	CN 110892341 A	17-03-2020
		EP 3652593 A1	20-05-2020
		ES 2926146 T3	24-10-2022
		JP 2020526667 A	31-08-2020
		KR 20200027498 A	12-03-2020
		US 2020165696 A1	28-05-2020
		WO 2019012002 A1	17-01-2019
CN 1664550 A	07-09-2005	KEINE	

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

- EP 30096896 B1 [0002]
- DE 19881711 B4 [0003]