



(11) **EP 3 791 971 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
17.03.2021 Patentblatt 2021/11

(51) Int Cl.:
B21B 37/74^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19196307.3**

(22) Anmeldetag: **10.09.2019**

(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

(72) Erfinder:
• **Bergmann, Martin**
4020 Linz (AT)
• **Krimpelstaetter, Konrad**
4210 Gallneukirchen (AT)

(74) Vertreter: **Metals@Linz**
Primetals Technologies Austria GmbH
Intellectual Property Upstream IP UP
Turmstraße 44
4031 Linz (AT)

(71) Anmelder: **Primetals Technologies Austria GmbH**
4031 Linz (AT)

(54) **KALTWALZEN EINES WALZGUTS IN EINER WALZSTRASSE MIT MEHREREN WALZGERÜSTEN**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Kaltwalzen eines Walzguts (2) in einer Walzstraße (1) mit mehreren Walzgerüsten (3 bis 7). Dabei wird für wenigstens einen Walzstich eine obere Grenztemperatur und/oder eine untere Grenztemperatur für eine Walzguttemperatur des Walzguts (2) vorgegeben und die Walzguttemperatur wird durch wenigstens eine Steuer- oder Rege-

lungsmaßnahme derart gesteuert und/oder geregelt, dass die Walzguttemperatur in dem wenigstens einen Walzstich die für den Walzstich vorgegebene obere Grenztemperatur nicht überschreitet und/oder die für den Walzstich vorgegebene untere Grenztemperatur nicht unterschreitet.

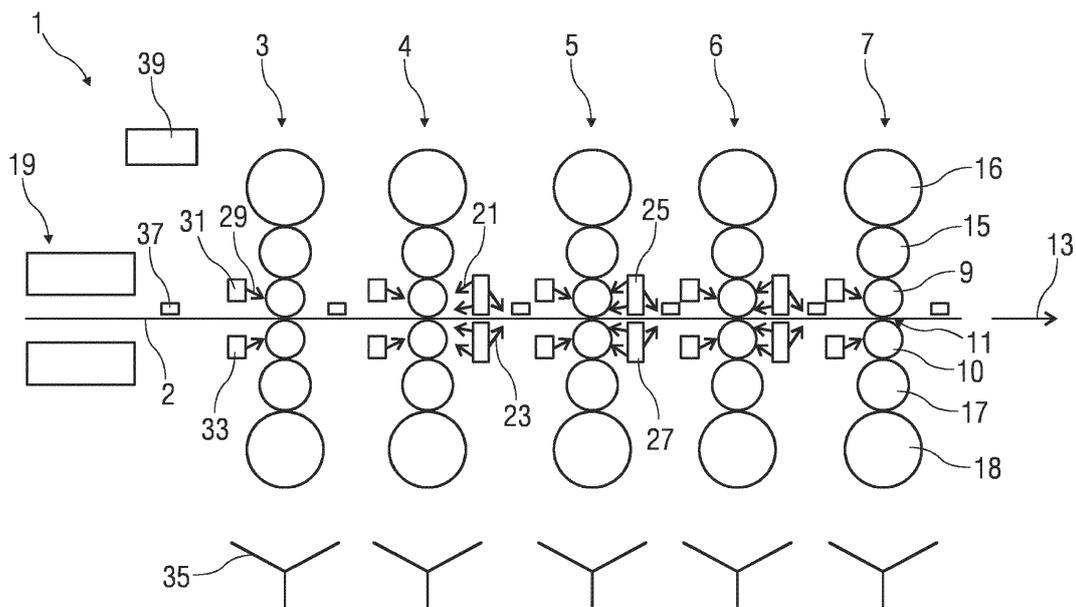


FIG 1

EP 3 791 971 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft das Kaltwalzen eines Walzguts in einer Walzstraße mit mehreren Walzgerüsten.

[0002] In einem Walzgerüst wird ein Walzgut, in der Regel ein metallisches Walzband, in einem Walzspalt zwischen zwei Arbeitswalzen des Walzgerüstes gewalzt, um die Dicke des Walzguts zu reduzieren. Oft werden in einer so genannten Walzstraße mehrere Walzgerüste angeordnet, die von dem Walzgut nacheinander durchlaufen werden, um die Dicke des Walzguts sukzessive zu reduzieren. Das Walzen des Walzguts in einem der Walzgerüste wird als ein Walzstich bezeichnet. In einer Walzstraße mit mehreren Walzgerüsten werden also mehrere Walzstiche nacheinander ausgeführt. Die Reduzierung der Dicke des Walzguts bei einem Walzstich wird als Stichabnahme des Walzstichs bezeichnet. Beim Kaltwalzen wird das Walzgut bei einer Walzguttemperatur unterhalb der Rekristallisationstemperatur gewalzt.

[0003] Unter anderem für Anwendungen im technischen Gebiet der Elektromobilität gewinnen Elektrobleche mit hohen Siliziumanteilen mehr und mehr an Bedeutung. Die hohe Sprödigkeit dieser Elektrobleche kann zu zahlreichen Schwierigkeiten speziell bei der Kaltumformung führen, beispielsweise zu häufigen Bandrissen und daher instabilen Produktionsbedingungen beim Kaltwalzen. Durch Erhöhen der Walzguttemperatur des Walzguts kann dessen Sprödigkeit herabgesetzt werden.

[0004] Andererseits darf die Walzguttemperatur beim Kaltwalzen prinzipbedingt die Rekristallisationstemperatur des Walzguts nicht überschreiten. Außerdem sollte die Walzguttemperatur beim Kaltwalzen in der Regel auch aus anderen Gründen limitiert werden. Beispielsweise wird beim Kaltwalzen meist ein Schmiermittel auf die Arbeitswalzen der Walzgerüste und/oder auf das Walzgut aufgebracht, um eine Reibung zwischen dem Walzgut und den Arbeitswalzen zu reduzieren. Das Schmiermittel ist oder enthält ein Walzöl, das bei hohen Temperaturen, beispielsweise über 200°C, vercracken kann. Ferner können dem Kaltwalzen Bearbeitungsschritte zum Bearbeiten des kaltgewalzten Walzguts, beispielsweise ein Beschichten des Walzguts, nachgeordnet sein, für die eine zu hohe Walzguttemperatur nachteilig ist (im Fall des Beschichtens des Walzguts beispielsweise zu einer verminderten Haftung der Beschichtung). Des Weiteren kann eine hohe Walzguttemperatur zu einem erhöhten Verschleiß von Anlagenequipment, beispielsweise von kunststoffbeschichteten Umlenkrollen für das Walzgut oder von Ablagesätteln für das gewalzte Walzgut, oder zu einer thermischen Verformung der Arbeitswalzenkontur in axialer Richtung, die eine Planheit des Walzguts beeinträchtigt, führen.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Walzstraße zum Kaltwalzen eines Walzguts mit mehreren Walzgerüsten anzugeben, die hinsichtlich der Temperierung des Walzguts während

des Walzens und/oder nach dem Walzen verbessert sind.

[0006] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und eine Walzstraße mit den Merkmalen des Anspruchs 11 gelöst.

[0007] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0008] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Kaltwalzen eines Walzguts in einer Walzstraße mit mehreren Walzgerüsten, die von dem Walzgut nacheinander durchlaufen werden, wird für wenigstens einen ausgewählten Walzstich, insbesondere für jeden Walzstich, eine obere Grenztemperatur und/oder eine untere Grenztemperatur für eine Walzguttemperatur des Walzguts vorgegeben und die Walzguttemperatur wird durch wenigstens eine der folgenden Steuer- oder Regelungsmaßnahmen derart gesteuert und/oder geregelt, dass die Walzguttemperatur in jedem ausgewählten Walzstich die für den Walzstich vorgegebene obere Grenztemperatur nicht überschreitet und/oder die für den Walzstich vorgegebene untere Grenztemperatur nicht unterschreitet:

- Erwärmen des Walzguts vor dem ersten Walzstich auf eine Einlauftemperatur,
- Kühlen der Arbeitswalzen wenigstens eines Walzgerüsts durch Aufbringen eines Walzenkühlmittels auf die Arbeitswalzen, wobei ein Walzenkühlmittelstrom und/oder ein Walzenkühlmitteldruck des Walzenkühlmittels gesteuert oder geregelt wird,
- Kühlen des Walzguts zwischen wenigstens zwei aufeinander folgenden Walzstichen durch Aufbringen eines Walzgutkühlmittels auf das Walzgut, wobei ein Walzgutkühlmittelstrom und/oder ein Walzgutkühlmitteldruck des Walzgutkühlmittels gesteuert oder geregelt wird,
- Aufbringen eines Schmiermittels auf die Arbeitswalzen oder/und auf das Walzgut bei wenigstens einem Walzstich, wobei ein Schmiermittelstrom und/oder ein Schmiermitteldruck des Schmiermittels gesteuert oder geregelt wird,
- Erstellen und Umsetzen einer Stichplanverteilung für die Stichabnahmen der einzelnen Walzstiche,
- Steuern oder Regeln einer Walzgeschwindigkeit, mit der das Walzgut die Walzstraße durchläuft.

[0009] Die Erfindung sieht also vor, die Walzguttemperatur in wenigstens einem Walzstich zu kontrollieren, so dass sie eine walzstichspezifische obere Grenztemperatur nicht überschreitet und/oder eine walzstichspezifische untere Grenztemperatur nicht unterschreitet. Dadurch können generell Betriebsstörungen wie Bandrisse reduziert werden und somit kann der Durchsatz einer Walzstraße erhöht werden. Insbesondere werden die Produktionsbedingungen für das Kaltwalzen kritischen Walzguts wie beispielsweise von Elektroblechen mit hohem Siliziumanteil verbessert oder sogar erst geschaffen. Durch eine geeignete Vorgabe der Grenztempera-

turen kann ferner die Walzgutendtemperatur am Ausgang der Walzstraße gezielt beeinflusst werden, wodurch eine flexible Weiterverarbeitbarkeit des kaltgewalzten Walzguts erreicht werden kann. Ferner kann durch eine geeignete Vorgabe der Grenztemperaturen eine am Eingang der Walzstraße erforderliche Einlauf-
5 temperatur des Walzguts minimiert werden und dadurch Energie zum Erwärmen des Walzguts vor dem ersten Walzstich eingespart werden. Ferner kann durch eine geeignete Vorgabe der Grenztemperaturen das Anlage-
10 equipment geschont werden, um dessen Verschleiß zu reduzieren.

[0010] Die genannten Steuer- oder Regelungsmaßnahmen eignen sich in besonderem Maße zur Beeinflussung der Walzguttemperatur während des Kaltwalzens. So reduziert eine Erwärmung des Walzguts vor dem ersten Walzstich die Sprödigkeit des Walzguts und damit die Gefahr von Bandrissen des Walzguts.

[0011] Durch das Kühlen von Arbeitswalzen und/oder des Walzguts zwischen Walzstichen wird einer Erwärmung der Arbeitswalzen und des Walzguts beim Kaltumformen des Walzguts entgegengewirkt. Bei der Walzenkühlung mittels auf die Arbeitswalzen ausgegebenen Walzenkühlmittels lässt sich die aus den Arbeitswalzen abgeführte Wärmemenge aus der Modellierung des Wärmeüberganges (Bestimmung des Wärmeübergangskoeffizienten zwischen einer Walzenoberfläche und dem Walzenkühlmittel) ermitteln und ist beispielsweise aus F. Hell: Grundlagen der Wärmeübertragung, VDI-Verlag 1982, ISBN-Nummer 978-3-18-400529-0, Seiten 77-85 bekannt. Daraus lässt sich die Temperatur der Arbeitswalzen bestimmen, woraus wiederum der Wärmefluss zwischen dem Walzgut und den Arbeitswalzen im Walzspalt ermittelt werden kann. Entsprechendes gilt für die Kühlung des Walzguts durch das Ausgeben eines Walzgutkühlmittels auf das Walzgut.

[0012] Durch das Aufbringen eines Schmiermittels auf die Arbeitswalzen oder/und auf das Walzgut bei wenigstens einem Walzstich wird die Reibung zwischen dem Walzgut und den Arbeitswalzen verringert und damit einer Erwärmung des Walzguts und/oder der Arbeitswalzen entgegengewirkt. Je mehr Schmiermittel aufgetragen wird, desto geringer ist die beim Walzen entstehende Reibungsverlustleistung. Letztere errechnet sich grundsätzlich aus einer aufgebrauchten Walzkraft, einem Reibungskoeffizienten und einer Differenzgeschwindigkeit zwischen dem Walzband und den Arbeitswalzen im Walzspalt des jeweiligen Walzgerüsts. Die Walzkraft wird in der Regel von einer Anlagenautomation der Walzstraße zur Erzielung der gewünschten Stichabnahme am betreffenden Gerüst vorgegeben und ist somit bekannt. Alternativ kann die aktuelle Walzkraft, beispielsweise im Falle einer Dickenregelung, auch laufend über Vorrichtungen, welche die Walzkraft am betreffenden Walzgerüst erzeugen (beispielsweise Hydraulikzylinder), online gemessen werden. Zum Ermitteln der Differenzgeschwindigkeit im Walzspalt ist beispielsweise Formel (3.13) in H. Hoffmann: Handbuch Umformen, 2012, ISBN 978-3-446-42778-5 bekannt, in
5 welche die Ein- bzw. Austrittsgeschwindigkeit des Walzguts am Walzgerüst sowie die Walzspaltgeometrie, die von den Walzendurchmessern der Arbeitswalzen und der Stichabnahme am entsprechenden Gerüst abhängt, Eingang findet. Für die Ermittlung des Reibungskoeffizienten im Walzspalt kann beispielsweise auf Er-
10 fahrungswerte zurückgegriffen werden. So bestimmen beispielsweise die bei einem speziellen Walzvorgang bekannten Parameter Oberflächenqualität, Materialeigenschaften und Schmiermittelauftrag den Reibungskoeffizienten. Alternativ ist auch eine Modellierung des Reibungskoeffizienten aus J.B.A.F. Smeulders: Lubrication in the Cold Rolling Process Described by a 3D Stribeck Curve, AISTech 2013 Proceedings bekannt.

[0013] Durch eine Stichplanverteilung für die Stichabnahmen der einzelnen Walzstiche wird die in der Walzstraße zu erzielende Dickenreduzierung des Walzguts auf die einzelnen Walzgerüste aufgeteilt. Prinzipiell erfolgt in jedem Walzgerüst eine Walzguterwärmung durch die plastische Umformung des Walzguts. Die dabei entstehende Umformungswärme kann vom Fachmann in
15 einfacher Weise aus der Stichabnahme am jeweiligen Walzgerüst sowie aus Materialeigenschaften des Walzguts ermittelt werden. Durch eine geeignete Wahl der Stichabnahmen, die sämtliche Gerüste der Walzstraße berücksichtigt, kann beispielsweise erreicht werden, dass ein vorgegebener Temperaturbereich für die Walz-
20 guttemperatur über die gesamte Walzstraße eingehalten wird.

[0014] Unter der Walzgeschwindigkeit wird eine Geschwindigkeit verstanden, mit der das Walzgut die Walzgerüste der Walzstraße durchläuft. Die Walzgeschwindigkeit kann direkt die oben genannte Reibungsverlustleistung an den einzelnen Walzgerüsten beeinflussen, da von der Walzgeschwindigkeit unmittelbar auch die Differenzgeschwindigkeiten in den einzelnen Walzgerüsten betroffen sind. Daher beeinflusst die Walzgeschwindigkeit auch die Walzguttemperatur in den einzelnen Walzstichen.

[0015] Bei einer Ausgestaltung der Erfindung wird für wenigstens einen Walzstich eine obere Grenztemperatur im Bereich zwischen 140°C und 250°C und/oder eine untere Grenztemperatur im Bereich zwischen 20°C und 140°C vorgegeben. Durch eine derartige obere Grenztemperatur kann insbesondere das oben bereits genannten Vercracken von Walzöl vermieden werden, das als Schmiermittel oder Bestandteil eines Schmiermittels verwendet wird. Die untere Grenztemperatur ist materialabhängig und wird daher dem Walzgut angepasst.

[0016] Bei einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung werden eine gemeinsame obere Grenztemperatur und/oder eine gemeinsame untere Grenztemperatur für alle Walzstiche vorgegeben. Dies vereinfacht das erfindungsgemäße Verfahren gegenüber einer Ausführung mit walzstichabhängigen Grenztemperaturen.

[0017] Bei einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird das Walzgut vor dem ersten Walzstich mit einer Heizvorrichtung, insbesondere mit einer Induktionsheizung, auf eine Einlauftemperatur erwärmt. Bei einer induktiven Erwärmung des Walzguts kann die Erwärmung des Walzguts einfach aus einer Leistung der Induktionsheizung, dem Wirkungsgrad und der Einwirkdauer, die sich aus der Walzgeschwindigkeit und der Baulänge der Heizung ergibt, sowie Materialeigenschaften des Walzguts, insbesondere dessen spezifischer Wärmekapazität, ermittelt werden.

[0018] Bei einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung werden die Arbeitswalzen wenigstens eines Walzgerüsts durch nur auslaufseitiges Aufbringen eines Walzenkühlmittels auf die Arbeitswalzen gekühlt. Unter der Auslaufseite eines Walzgerüsts wird diejenige Seite des Walzgerüsts verstanden, auf der das Walzgut das Walzgerüst verlässt. Entsprechend wird unter der Einlaufseite eines Walzgerüsts diejenige Seite des Walzgerüsts verstanden, auf der das Walzgut in das Walzgerüst einläuft. Ein auslaufseitiges Aufbringen eines Walzenkühlmittels auf die Arbeitswalzen ist effizienter als ein einlaufseitiges Aufbringen, da aufgrund der Drehrichtung der Arbeitswalzen die durch den Walzvorgang erzeugte Wärme sofort abgeführt wird, während für eine einlaufseitige Walzenkühlung die betreffende Stelle der Arbeitswalze zuerst noch etwa eine halbe Umdrehung zurücklegen muss.

[0019] Bei einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird auf die Arbeitswalzen oder/und auf das Walzgut bei wenigstens einem Walzstich ein Schmiermittel aufgebracht, indem in einer Zerstäubungseinrichtung ein Gemisch aus dem Schmiermittel und einem Trägergas erzeugt wird und das Gemisch mit Schmiermitteldüsen auf die Arbeitswalzen und/oder auf das Walzgut gesprüht wird. Ein derartiges Aufbringen von Schmiermittel ist beispielsweise aus EP 2 651 577 B1 bekannt und hat beispielsweise gegenüber dem Aufbringen einer Schmiereulsion den Vorteil, dass das Schmiermittel sehr gezielt und sparsam aufgetragen werden kann.

[0020] Bei einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird auf die Arbeitswalzen oder/und auf das Walzgut bei wenigstens einem Walzstich nur einlaufseitig ein Schmiermittel aufgebracht. Dies ist insbesondere bei Walzstichen vorteilhaft, bei denen Kühlmittel nur auslaufseitig aufgebracht wird, weil dann kein Schmiermittel von dem Kühlmittel abgewaschen wird und somit Schmiermittel eingespart wird.

[0021] Bei einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird für wenigstens einen Parameter einer Steuer- oder Regelungsmaßnahme ein Parameterwert offline ermittelt und der Parameter wird bei dem Betrieb der Walzstraße auf den Parameterwert eingestellt. Beispielsweise wird wenigstens ein offline ermittelter Parameterwert anhand eines Rechenmodells wenigstens eines Teils der Walzstraße ermittelt. Bei diesen Ausgestaltungen der Erfindung wird also wenigstens eine Teilmenge der Parameter zur Steuerung oder Regelung der Walzguttempe-

ratur vorab ermittelt (insbesondere berechnet). Dies kann insbesondere die Stichplanverteilung, das heißt die Berechnung der Stichabnahmen der einzelnen Walzstiche, betreffen.

[0022] Bei einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird im Betrieb der Walzstraße wenigstens ein Messwert der Walzguttemperatur erfasst, und wenigstens ein Parameter einer Steuer- oder Regelungsmaßnahme wird online in Abhängigkeit von wenigstens einem Messwert eingestellt. Bei dieser Ausgestaltung der Erfindung wird also wenigstens eine Teilmenge der Parameter zur Steuerung oder Regelung der Walzguttemperatur in Abhängigkeit von einer gemessenen Walzguttemperatur des Walzguts online eingestellt. Dies kann insbesondere die Kühlung und Schmierung der Arbeitswalzen und/oder des Walzguts betreffen.

[0023] Eine erfindungsgemäße Walzstraße umfasst mehrere Walzgerüste zum Kaltwalzen eines Walzguts und eine Steuerung, die eingerichtet ist, wenigstens eine der oben genannten Steuer- oder Regelungsmaßnahmen auszuführen. Die Walzstraße kann ferner insbesondere umfassen:

- eine von der Steuerung steuer- oder regelbare Heizvorrichtung, die eingerichtet ist, das Walzgut vor dem ersten Walzstich zu erwärmen, und/oder
- ein von der Steuerung steuer- oder regelbares Kühlsystem, das eingerichtet ist, ein Walzenkühlmittel auf die Arbeitswalzen wenigstens eines Walzgerüsts und/oder ein Walzgutkühlmittel zwischen wenigstens zwei aufeinander folgenden Walzstichen auf das Walzgut auszugeben, und/oder
- ein von der Steuerung steuer- oder regelbares Schmierungssystem, das eingerichtet ist, bei wenigstens einem Walzstich ein Schmiermittel auf die Arbeitswalzen oder/und auf das Walzgut auszugeben, und/oder
- wenigstens eine Messeinheit, die zum Erfassen einer Walzguttemperatur des Walzguts an einer beliebigen Stelle der Walzstraße eingerichtet ist.

[0024] Die Vorteile einer derartigen Walzstraße entsprechen den oben genannten Vorteilen des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0025] Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen, die im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden. Dabei zeigen

FIG 1 schematisch ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Walzstraße,

FIG 2 ein Ablaufdiagramm eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0026] Figur 1 (FIG 1) zeigt schematisch ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Walzstraße 1 mit fünf Walzgerüsten 3 bis 7 zum Kaltwalzen eines Walzguts 2. Jedes Walzgerüst 3 bis 7 weist zwei übereinander angeordnete Arbeitswalzen 9, 10 auf, die voneinander durch einen Walzspalt 11 beabstandet sind. Zum Walzen des Walzguts 3 werden die Arbeitswalzen 9, 10 motorgetrieben in Rotation versetzt und das Walzgut 3 wird durch die rotierenden Arbeitswalzen 9, 10 in einer Walzrichtung 13 durch die Walzspalte 11 gezogen.

[0027] Bei dem in Figur 1 gezeigten Ausführungsbeispiel einer Walzstraße 1 weist ferner jedes Walzgerüst 3 bis 7 für jede Arbeitswalze 9, 10 zwei Stützwalzen 15 bis 18 auf, die übereinander auf einer von dem Walzgut 2 abgewandten Seite der jeweiligen Arbeitswalze 9, 10 angeordnet sind, wobei eine erste Stützwalze 15, 17 die zweite Stützwalze 16, 18 und die Arbeitswalze 9, 10 kontaktiert.

[0028] Von jedem Walzgerüst 3 bis 7 wird ein Walzstich ausgeführt, bei dem die Dicke des Walzguts 2 um die so genannte Stichabnahme des Walzstichs reduziert wird. Eingangs der Walzstraße 1 ist eine Heizvorrichtung 19 angeordnet, die eingerichtet ist, das Walzgut 2 vor dem ersten Walzstich, der von einem ersten Walzgerüst 3 ausgeführt wird, zu erwärmen. Die Heizvorrichtung 19 ist beispielsweise als eine Induktionsheizung ausgebildet, mit der das Walzgut 3 induktiv erwärmbar ist.

[0029] Die Walzstraße 1 weist ferner ein Kühlsystem auf, das eingerichtet ist, ein Walzenkühlmittel 21 auf die Arbeitswalzen 9, 10 der Walzgerüste 4 bis 6, die den zweiten, dritten und vierten Walzstich ausführen, und ein Walzgutkühlmittel 23 zwischen dem zweiten und dem dritten Walzstich, dem dritten und dem vierten Walzstich und dem vierten und dem fünften Walzstich auf das Walzgut 2 auszugeben. Das Kühlsystem umfasst für jedes der Walzgerüste 4 bis 6 einen oberen Kühlbalken 25 und einen unteren Kühlbalken 27. Mit dem oberen Kühlbalken 25 ist Walzenkühlmittel 21 auslaufseitig auf die obere Arbeitswalze 9 des jeweiligen Walzgerüsts 4 bis 6 und Walzgutkühlmittel 23 auf eine obere Walzgutoberfläche des Walzguts 3 ausgebbar. Mit dem unteren Kühlbalken 27 ist Walzenkühlmittel 21 auslaufseitig auf die untere Arbeitswalze 10 des jeweiligen Walzgerüsts 4 bis 6 und Walzgutkühlmittel 23 auf eine untere Walzgutoberfläche des Walzguts 3 ausgebbar. Jeder Kühlbalken 25, 27 umfasst beispielsweise mehrere Walzenkühlmitteldüsen, mit denen das Walzenkühlmittel 21 auf die jeweilige Arbeitswalze 9, 10 ausgebbar ist, und/oder mehrere Walzgutkühlmitteldüsen, mit denen das Walzgutkühlmittel 23 auf das Walzgut 2 ausgebbar ist.

[0030] Das Walzenkühlmittel 21 ist beispielsweise Wasser oder eine Kühlemulsion. Das Walzgutkühlmittel 23 ist ebenfalls beispielsweise Wasser oder eine Kühlemulsion und kann mit dem Walzenkühlmittel 21 überstimmen. Eine Kühlemulsion besteht aus einer Kühlflüssigkeit und einem Schmierstoff, beispielsweise aus Wasser als Kühlflüssigkeit und Öl als Schmierstoff, sowie eventuell aus Emulgatoren. Die Hauptkomponente der Küh-

lemulsion ist dabei die Kühlflüssigkeit, während der Schmierstoffanteil der Kühlemulsion nur wenige Prozent, beispielsweise zwei bis drei Prozent, beträgt. Beispielsweise entspricht die auf die beiden Arbeitswalzen 9, 10 eines Walzgerüsts 4 bis 6 aufgebrachte Menge an Walzenkühlmittel 21 (ingesamt, das heißt auf beide Arbeitswalze 9, 10 zusammen) in Litern pro Minute ungefähr einer Motorleistung des Walzgerüsts 4 bis 6 in kW, wobei die Motorleistung die Leistung eines der Arbeitswalzen 9, 10 des Walzgerüsts 4 bis 6 antreibenden Motors ist.

[0031] Die Walzstraße 1 weist außerdem ein Schmierungssystem auf, das eingerichtet ist, auf die Arbeitswalzen 9, 10 aller Walzgerüste 3 bis 7 einlaufseitig ein Schmiermittel 29 auszugeben. Das Schmierungssystem weist für jedes Walzgerüst 3 bis 7 einen oberen Schmierbalken 31 und einen unteren Schmierbalken 33 auf. Mit dem oberen Schmierbalken 31 ist Schmiermittel 29 einlaufseitig auf die obere Arbeitswalze 9 des jeweiligen Walzgerüsts 3 bis 7 ausgebbar. Mit dem unteren Schmierbalken 33 ist Schmiermittel 29 einlaufseitig auf die untere Arbeitswalze 10 des jeweiligen Walzgerüsts 3 bis 7 ausgebbar. Beispielsweise umfasst jeder Schmierbalken 31, 33 eine Zerstäubungseinrichtung, in der ein Gemisch aus dem Schmiermittel 29 und einem Trägergas erzeugbar ist, und mehrere Schmiermitteldüsen, mit denen das Gemisch auf die jeweilige Arbeitswalze 9, 10 sprühbar ist. Dabei ist das Schmiermittel 29 beispielsweise reines Walzöl und das Trägergas ist beispielsweise Luft. Beispielsweise werden maximal zwei Liter Walzöl pro Minute auf jede Arbeitswalze 9, 10 ausgegeben. Alternativ ist das Schmiermittel 29 eine Schmieremulsion, die aus einer Trägerflüssigkeit und Walzöl sowie eventuell aus Emulgatoren besteht, und jeder Schmierbalken 31, 33 weist Schmiermitteldüsen auf, mit denen die Schmieremulsion auf die jeweilige Arbeitswalze 9, 10 ausgebbar ist.

[0032] Unter den Walzgerüsten 3 bis 7 sind Auffangvorrichtungen 35 angeordnet, die eingerichtet sind, von den Walzgerüsten 3 bis 7 abfließendes Walzenkühlmittel 21, Walzgutkühlmittel 23 und Schmiermittel 29 aufzufangen. Das von den Auffangvorrichtungen 35 aufgefangene Gemisch aus Walzenkühlmittel 21, Walzgutkühlmittel 23 und Schmiermittel 29 wird vorzugsweise in seine Bestandteile zerlegt, die anschließend wiederverwendet werden.

[0033] Die Walzstraße 1 weist des Weiteren mehrere Messeinheiten 37 auf, die jeweils zum Erfassen einer Walzguttemperatur des Walzguts 2 eingerichtet sind. Eine Messeinheit 37 ist zwischen der Heizvorrichtung 19 und dem ersten Walzgerüst 3 angeordnet, weitere Messeinheiten 37 sind jeweils zwischen zwei benachbarten Walzgerüsten 3 bis 7 angeordnet, und eine Messeinheit 37 ist am Ende der Walzstraße 1 hinter dem Walzgerüst 7, das den fünften Walzstich ausführt, angeordnet.

[0034] Die Walzstraße 1 weist überdies eine Steuerung 39 auf, mit der die Heizvorrichtung 19, das Kühlsystem, das heißt die von den Kühlbalken 25, 27 jeweils ausgegebenen Walzenkühlmittelströme, Walzenkühl-

mitteldrücke, Walzgutkühlmittelströme und Walzgutkühlmitteldrücke, und das Schmieringssystem, das heißt die von den Schmierbalken 31, 33 jeweils ausgegebenen Schmiermittelströme und Schmiermitteldrücke, jeweils steuer- oder regelbar sind, um die Walzguttemperatur des Walzguts 2 in jedem Walzstich zu steuern oder zu regeln. Dazu wird für jeden Walzstich ein Temperaturfenster für die Walzguttemperatur zwischen einer oberen Grenztemperatur und einer unteren Grenztemperatur vorgegeben, und die Walzguttemperatur wird derart gesteuert und/oder geregelt, dass die Walzguttemperatur in jedem Walzstich einen in dem für den Walzstich vorgegebenen Temperaturfenster liegenden Temperaturwert annimmt. Neben der Steuerung oder Regelung der Heizvorrichtung 19, des Kühlsystems und des Schmieringssystems wird eine Stichplanverteilung für die Stichabnahmen der einzelnen Walzstiche erstellt und umgesetzt. Die Walzgerüste 3 bis 7, das heißt die Spalthöhen der Walzspalte 11 der Walzgerüste 3 bis 7, werden gemäß der Stichplanverteilung eingestellt. Ferner wird eine Walzgeschwindigkeit, mit der das Walzgut 2 die Walzstraße 1 durchläuft, gesteuert oder geregelt, um die Walzguttemperatur in den Walzstichen zu beeinflussen. Die Walzgeschwindigkeit wird durch die Drehzahlen der Arbeitswalzen 9, 10 eingestellt.

[0035] Die Parameter der Temperatursteuerung und/oder -regelung sind eine mit der Heizvorrichtung 19 einzustellende Einlauftemperatur des Walzguts 2, die von den Kühlbalken 25, 27 jeweils ausgegebenen Walzenkühlmittelströme, Walzenkühlmitteldrücke, Walzgutkühlmittelströme und Walzgutkühlmitteldrücke (Kühlparameter), die von den Schmierbalken 31, 33 jeweils ausgegebenen Schmiermittelströme und Schmiermitteldrücke (Schmierungsparameter), die Stichplanverteilung und die Walzgeschwindigkeit. Diese Parameter werden jeweils beispielsweise offline anhand eines Rechenmodells wenigstens eines Teils der Walzstraße 1 ermittelt. Beispielsweise erfolgt eine modellbasierte Berechnung der Einlauftemperatur des Walzguts 2, der Kühl- und Schmierungsparameter, der Stichplanverteilung und der Walzgeschwindigkeit als Lösung eines Optimierungsproblems. Dabei kann es eine Vielzahl von Lösungen geben, unter denen die geeignetste beispielsweise erst unter Berücksichtigung weiterer Kriterien, beispielsweise durch zusätzliches Maximieren der Walzgeschwindigkeit oder Einhalten einer bestimmten Walzkraftverteilung auf die Walzgerüste 3 bis 7, ebenfalls modellbasiert bestimmt wird. Die so ermittelten Parameter (offline-Parameter) werden jeweils manuell oder durch die Steuerung 39 eingestellt. Alternativ können einige oder alle Parameter (online-Parameter) online in Abhängigkeit von den Messwerten der Messeinheiten 37 derart geregelt werden, dass die Walzguttemperatur in jedem Walzstich einen in dem für den Walzstich vorgegebenen Temperaturfenster liegenden Temperaturwert annimmt. Beispielsweise werden die Stichplanverteilung, die Einlauftemperatur des Walzguts 2 und die Walzgeschwindigkeit offline bestimmt, während die Kühl- und Schmierungs-

parameter online in Abhängigkeit von den Messwerten der Messeinheiten 37 geregelt werden.

[0036] Figur 2 (FIG 2) zeigt ein Ablaufdiagramm 100 eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Kaltwalzen eines Walzguts 2 in einer Walzstraße 1 mit Verfahrensschritten 101 bis 106.

[0037] In einem ersten Verfahrensschritt 101 wird für jeden Walzstich ein Temperaturfenster für die Walzguttemperatur des Walzguts 2 in dem Walzstich vorgegeben.

[0038] In einem zweiten Verfahrensschritt 102 werden wie oben beschrieben die offline-Parameter anhand eines Rechenmodells wenigstens eines Teils der Walzstraße 1 bestimmt, beispielsweise die Stichplanverteilung, die Einlauftemperatur des Walzguts 2 und die Walzgeschwindigkeit.

[0039] In einem dritten Verfahrensschritt 103 wird das Kaltwalzen des Walzguts 2 in der Walzstraße 1 mit den in dem zweiten Verfahrensschritt 102 bestimmten offline-Parametern und vorgegebenen Anfangswerten der online-Parameter gestartet.

[0040] In einem vierten Verfahrensschritt 104 wird für jeden Walzstich eine Walzguttemperatur des Walzguts 2 ermittelt. Beispielsweise wird dazu für einen Walzstich mit wenigstens einer Messeinheit 37 die Walzguttemperatur erfasst oder die Walzguttemperatur in dem Walzstich wird berechnet, beispielsweise wie oben beschrieben mit einer Berechnung des Wärmeflusses zwischen dem Walzgut und den Arbeitswalzen im Walzspalt anhand einer Modellierung des Wärmeübergangs und/oder mit einer Berechnung der Umformungswärme, die bei einer Walzguterwärmung durch die plastische Umformung des Walzguts entsteht.

[0041] In einem fünften Verfahrensschritt 105 wird geprüft, ob die Walzguttemperatur in jedem Walzstich einen in dem für den Walzstich vorgegebenen Temperaturfenster liegenden Temperaturwert annimmt. Wenn die Prüfung ergibt, dass die Walzguttemperatur in jedem Walzstich einen in dem für den Walzstich vorgegebenen Temperaturfenster liegenden Temperaturwert annimmt, wird wieder der vierte Verfahrensschritt 104 ausgeführt. Andernfalls wird ein sechster Verfahrensschritt 106 ausgeführt.

[0042] In dem sechsten Verfahrensschritt 106 wird der Wert wenigstens eines online-Parameters geändert, um die Walzguttemperatur in jedem Walzstich, bei dem die Walzguttemperatur außerhalb des für den Walzstich vorgegebenen Temperaturfensters liegt, in das vorgegebene Temperaturfenster zu führen. Nach dem sechsten Verfahrensschritt 106 wird wieder der vierte Verfahrensschritt 104 ausgeführt.

[0043] Obwohl die Erfindung im Detail durch bevorzugte Ausführungsbeispiele näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

Bezugszeichenliste

[0044]

1	Walzstraße	5
2	Walzgut	
3 bis 7	Walzgerüst	
9, 10	Arbeitswalze	
11	Walzspalt	
13	Walzrichtung	10
15 bis 18	Stützwalze	
19	Heizvorrichtung	
21	Walzenkühlmittel	
23	Walzgutkühlmittel	
25, 27	Kühlbalken	15
29	Schmiermittel	
31, 33	Schmierbalken	
35	Auffangvorrichtung	
37	Messeinheit	
39	Steuerung	20
100	Ablaufdiagramm	
101 bis 106	Verfahrensschritt	

Patentansprüche

1. Verfahren zum Kaltwalzen eines Walzguts (2) in einer Walzstraße (1) mit mehreren Walzgerüsten (3 bis 7), die von dem Walzgut (2) nacheinander durchlaufen werden, wobei
- für wenigstens einen Walzstich eine obere Grenztemperatur und/oder eine untere Grenztemperatur für eine Walzguttemperatur des Walzguts (2) vorgegeben wird,
 - und die Walzguttemperatur durch wenigstens eine der folgenden Steuer- oder Regelungsmaßnahmen derart gesteuert und/oder geregelt wird, dass die Walzguttemperatur in dem wenigstens einen Walzstich die für den Walzstich vorgegebene obere Grenztemperatur nicht überschreitet und/oder die für den Walzstich vorgegebene untere Grenztemperatur nicht unterschreitet:
 - Erwärmen des Walzguts (2) vor dem ersten Walzstich auf eine Einlauftemperatur,
 - Kühlen der Arbeitswalzen (9, 10) wenigstens eines Walzgerüsts (3 bis 7) durch Aufbringen eines Walzenkühlmittels (21) auf die Arbeitswalzen (9, 10), wobei ein Walzenkühlmittelstrom und/oder ein Walzenkühlmitteldruck des Walzenkühlmittels (21) gesteuert oder geregelt wird,
 - Kühlen des Walzguts (2) zwischen wenigstens zwei aufeinander folgenden Walzstichen durch Aufbringen eines Walzgutkühlmittels (23) auf das Walzgut (2), wobei ein Walzgutkühlmittelstrom und/oder ein Walzgutkühlmitteldruck des
- Walzgutkühlmittels (23) gesteuert oder geregelt wird,
- Aufbringen eines Schmiermittels (29) auf die Arbeitswalzen (9, 10) oder/und auf das Walzgut (2) bei wenigstens einem Walzstich, wobei ein Schmiermittelstrom und/oder ein Schmiermitteldruck des Schmiermittels (29) gesteuert oder geregelt wird,
 - Erstellen und Umsetzen einer Stichplanverteilung für die Stichabnahmen der einzelnen Walzstiche,
 - Steuern oder Regeln einer Walzgeschwindigkeit, mit der das Walzgut (2) die Walzstraße (1) durchläuft.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei für wenigstens einen Walzstich eine obere Grenztemperatur im Bereich zwischen 140°C und 250°C vorgegeben wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei für wenigstens einen Walzstich eine untere Grenztemperatur im Bereich zwischen 20°C und 140°C vorgegeben wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine gemeinsame obere Grenztemperatur für alle Walzstiche vorgegeben wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine gemeinsame untere Grenztemperatur für alle Walzstiche vorgegeben wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Walzgut (2) vor dem ersten Walzstich Heizvorrichtung, insbesondere mit einer Induktionsheizung, auf eine Einlauftemperatur erwärmt wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei auf die Arbeitswalzen (9, 10) oder/und auf das Walzgut (2) bei wenigstens einem Walzstich ein Schmiermittel (29) aufgebracht wird, indem in einer Zerstäubungseinrichtung ein Gemisch aus dem Schmiermittel (29) und einem Trägergas erzeugt wird und das Gemisch mit Schmiermitteldüsen auf die Arbeitswalzen (9, 10) und/oder auf das Walzgut (2) gesprüht wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei für wenigstens einen Parameter einer Steuer- oder Regelungsmaßnahme ein Parameterwert offline ermittelt wird und der Parameter bei dem Betrieb der Walzstraße (1) auf den Parameterwert eingestellt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei wenigstens ein offline ermittelter Parameterwert anhand eines Rechenmodells wenigstens eines Teils der Walzstraße (1) ermittelt wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei im Betrieb der Walzstraße (1) wenigstens ein Messwert der Walzguttemperatur erfasst wird und wenigstens ein Parameter einer Steuer- oder Regelungsmaßnahme online in Abhängigkeit von wenigstens einem Messwert eingestellt wird. 5
11. Walzstraße (1) mit mehreren Walzgerüsten (3 bis 7) zum Kaltwalzen eines Walzguts (2) und einer Steuerung (39), die eingerichtet ist, wenigstens eine der Steuer- oder Regelungsmaßnahmen des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche auszuführen. 10
12. Walzstraße (1) nach Anspruch 11 mit einer von der Steuerung (39) steuer- oder regelbaren Heizvorrichtung (19), die eingerichtet ist, das Walzgut (2) vor dem ersten Walzstich zu erwärmen. 15
13. Walzstraße (1) nach Anspruch 11 oder 12 mit einem von der Steuerung (39) steuer- oder regelbaren Kühlsystem, das eingerichtet ist, ein Walzenkühlmittel (21) auf die Arbeitswalzen (9, 10) wenigstens eines Walzgerüsts (3 bis 7) und/oder ein Walzgutkühlmittel (23) zwischen wenigstens zwei aufeinander folgenden Walzstichen auf das Walzgut (2) auszugeben. 20
25
14. Walzstraße (1) nach einem der Ansprüche 11 bis 13 mit einem von der Steuerung (39) steuer- oder regelbaren Schmierungssystem, das eingerichtet ist, bei wenigstens einem Walzstich ein Schmiermittel (29) auf die Arbeitswalzen (9, 10) oder/und auf das Walzgut (2) auszugeben. 30
35
15. Walzstraße (1) nach einem der Ansprüche 11 bis 14 mit wenigstens einer Messeinheit (37), die zum Erfassen einer Walzguttemperatur des Walzguts (2) eingerichtet ist. 40

45

50

55

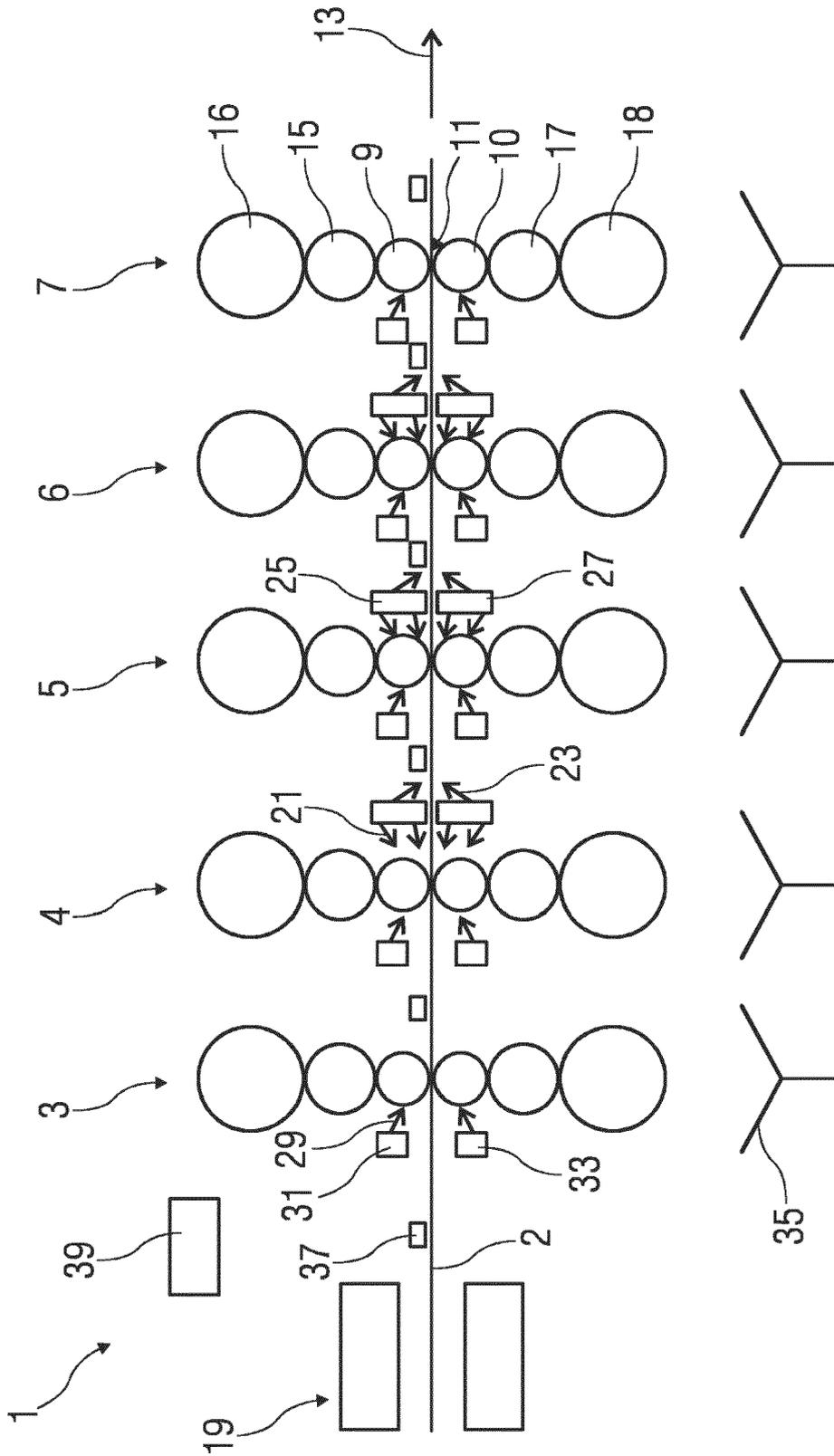


FIG 1

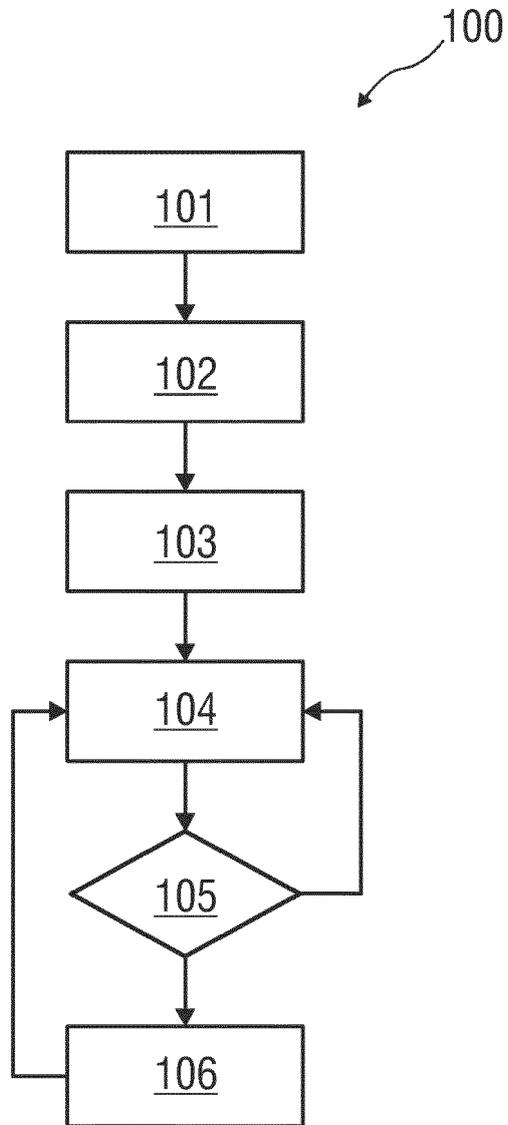


FIG 2



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 19 19 6307

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	JP H01 218710 A (NIPPON STEEL CORP) 31. August 1989 (1989-08-31)	1-6, 11-14	INV. B21B37/74
Y	* Zusammenfassung; Anspruch 1; Abbildungen 1-5 *	7-10,15	
Y	----- EP 3 461 566 A1 (PRIMETALS TECHNOLOGIES AUSTRIA GMBH [AT]) 3. April 2019 (2019-04-03) * Anspruch 1; Abbildung 2 *	7	
Y	----- DE 10 2009 056264 A1 (SMS SIEMAG AG [DE]) 9. Juni 2011 (2011-06-09) * Ansprüche 10-14; Abbildung 1 *	8-10,15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B21B C21D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 12. Februar 2020	Prüfer Forciniti, Marco
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ----- & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 19 19 6307

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.

12-02-2020

10
15
20
25
30
35
40
45
50
55

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP H01218710 A	31-08-1989	KEINE	
EP 3461566 A1	03-04-2019	EP 3461566 A1 WO 2019068382 A1	03-04-2019 11-04-2019
DE 102009056264 A1	09-06-2011	DE 102009056264 A1 EP 2506992 A1 WO 2011067119 A1	09-06-2011 10-10-2012 09-06-2011

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

- EP 2651577 B1 [0019]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **F. HELL.** Grundlagen der Wärmeübertragung. VDI-Verlag, 1982, 77-85 [0011]
- **H. HOFFMANN.** Handbuch Umformen, 2012 [0012]
- **J.B.A.F. SMEULDERS.** Lubrication in the Cold Rolling Process Described by a 3D Stribeck Curve. *AISTech 2013 Proceedings bekannt* [0012]