(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 4 247 576 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
13.11.2024 Patentblatt 2024/46

(21) Anmeldenummer: **21783168.4**

(22) Anmeldetag: **22.09.2021**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B22D 11/14 *(2006.01)* ***B22D 11/16*** *(2006.01)*
B22D 11/12 *(2006.01)* ***B22D 11/124*** *(2006.01)*
B21B 1/46 *(2006.01)*

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B22D 11/1206; B22D 11/1213; B22D 11/124; B22D 11/14; B22D 11/142; B22D 11/16

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2021/076076

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2022/106097 (27.05.2022 Gazette 2022/21)

(54) **VERFAHREN ZUM VERARBEITEN VON EINER ÜBERGANGSBRAMME ODER -KNÜPPEL**

METHOD FOR PROCESSING A TRANSITION SLAB OR TRANSITION BILLET

PROCÉDÉ POUR LE TRAITEMENT D'UNE BRAME DE TRANSITION OU D'UNE BILLETTE DE TRANSITION

(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

(30) Priorität: **18.11.2020 DE 102020214532**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.09.2023 Patentblatt 2023/39

(73) Patentinhaber: **SMS group GmbH**
41069 Mönchengladbach (DE)

(72) Erfinder:
- **HASSEL, Christoph**
  47249 Duisburg (DE)
- **BUSCHHOFF, Guido**
  57271 Hilchenbach (DE)
- **BOUSHMELEV, Alexander**
  57271 Hilchenbach (DE)
- **SPROCK, August**
  40237 Düsseldorf (DE)

(74) Vertreter: **Kross, Ulrich**
Hemmerich & Kollegen
Patentanwälte
Hammerstraße 2
57072 Siegen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
US-A1- 2017 002 440 **US-A1- 2017 297 072**

- **HUEBNER N ET AL: "NEW APPLICATIONS AND BENEFITS OF CAQC IN CASTING", STEEL TIMES, FUEL & METALLURGICAL JOURNALS LTD. LONDON, GB, vol. 225, no. 10, 1 October 1997 (1997-10-01), XP000704301, ISSN: 0039-095X**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 4 247 576 B1

Beschreibung

[0001] Verfahren zum Verarbeiten von einer Übergangsbramme oder -knüppel.

[0002] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verarbeiten von einer Übergangsbramme oder -knüppel.

Stand der Technik:

[0003] Metallische Übergangsbrammen oder - knüppel weisen im erfindungsgemäßen Sinne eine weitestgehend konstante geometrische Form und eine in Bezug auf die geometrische Form nicht konstante chemische Analyse auf. Diese Analysenabweichung kann durch einen gezielten Prozess herbeigeführt sein oder aus einem Prozessfehler in einem vorhergehenden Verfahrensschritt bei der Erzeugung der Übergangsbramme oder -knüppel resultieren.

[0004] Gezielt können diese Übergangsbrammen oder Knüppel in einer Stranggussanlage oder aus einem Umschmelzverfahren durch gezieltes Mischen zweier Ausgangschargen mit unterschiedlichen Analysen hergestellt werden. Prozessfehler können beispielsweise die fehlerhafte Durchmischung einer Charge im flüssigen Zustand oder ein falsch eingestellter kontinuierlicher Legierungsprozess im Strangguss sein.

[0005] Bei einer Weiterverarbeitung einer derartigen Übergangsbramme oder -knüppel mit konstanten Prozessparametern im Nachfolgeprozess wird ein Zwischen- oder Fertigprodukt erzeugt, dass über seine geometrische Form ungleichmäßige Eigenschaften, insbesondere mechanische Eigenschaften, aufweisen kann.

[0006] Die US 2017/ 297 072 A1 offenbart ein Verfahren zur Schätzung eines Materialeigenschaftswertes eines Stahlbandes, das durch einen Wiedererwärmungsprozess, einen Walzprozess und/oder einen Kühlprozess hergestellt wird. Die Materialeigenschaftswerte werden mehrmals auf Grundlage der Messung einer chemischen Zusammensetzung und einer Temperatur im Verlauf des Produktionsprozesses erneut geschätzt.

[0007] In dem Artikel Huebner et al, "New applications and benefits of CAQC in casting", Steel Times, Fuel & Metallurgical Journals LTD. London, GB wird ein Verfahren mit einem selbstlernenden Algorithmus zum Ermitteln mechanischer Eigenschaften offenbart.

[0008] Eine weitere Verarbeitung zu beispielsweise Maschinenbauteilen ist aufgrund der nicht vorhersagbaren Eigenschaften des fertigen Bauteils daher weitestgehend ausgeschlossen. Bisher werden diese Übergangsbrammen oder -knüppel daher verschrottet.

Aufgabe der Erfindung:

[0009] Aufgabe der Erfindung ist es daher ein Verfahren bereitzustellen, durch das eine Übergangsbramme oder -knüppel zu einem Zwischen- oder Fertigprodukt mit mechanischen Eigenschaften in einem nutzbaren Zielkorridor verarbeitet werden können.

Erfindung:

[0010] Die Aufgabe der Erfindung wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Eine metallische Übergangsbramme oder -knüppel mit einer in der Übergangsbramme oder -knüppel örtlich variablen chemischen Analyse wird zu einem Zwischen- oder Fertigprodukt mit einem Zielkorridor für die mechanischen Eigenschaften und einer Zielabmessung in einer Umformeinrichtung, insbesondere in einer Walzstraße, verarbeitet. Die variable chemische Analyse wird durch einen gezielten Prozess herbeigeführt oder resultiert aus einem Prozessfehler in einem vorhergehenden Verfahrensschritt bei der Erzeugung der Übergangsbramme oder - knüppels. Dabei werden bei der Verarbeitung zumindest die Arbeitsschritte Erwärmen und / oder Halten der Übergangsbramme oder -knüppel auf einer Zieltemperatur, Umformen der erwärmten Übergangsbramme oder -knüppel zu einem Zwischen- oder Fertigprodukt und Abkühlen des Zwischen- oder Fertigproduktes ausgeführt. Die jeweiligen Soll-Prozesswerte für die einzelnen an der Verarbeitung beteiligten Aggregate werden durch eine übergeordnete Steuerung oder Regelung vorgegeben.

[0011] Die lokale chemische Analyse $B_{x,y,z}$ der Übergangsbramme oder -knüppel wird durch eine Messung und / oder ein Modell zumindest vor dem ersten Anstich an zumindest zwei Positionen bestimmt ist und / oder berechnet. Ein mögliches Messverfahren ist beispielsweise eine Messung der chemischen Analyse durch eine Spektralanalyse an der Oberfläche der Bramme oder des Knüppels.

[0012] Die Bestimmung durch ein Modell kann durch beispielsweise auf Basis zweier Analysen von Ausgangschargen erfolgen. Dabei kann die Änderung der lokalen chemischen Analyse durch eine lineare zeitabhängige Funktion beschrieben werden. Die Kombination von verschiedenen Modellen und Messungen erhöht dabei die Genauigkeit der Bestimmung der lokalen chemischen Analyse.

[0013] Die lokale chemische Analyse $B_{x,y,z}$ stellt dabei im erfindungsgemäßen Sinne einen Wert dar, der einem Volumenelement $V_{x,y,z}$ innerhalb der Bramme oder des Knüppels zugeordnet ist. Die Volumenelemente $V_{x,y,z}$ können dabei in allen drei Raumrichtungen innerhalb der Bramme nebeneinander angeordnet sein.

[0014] Für das weitere Verfahren ist es vorteilhaft, wenn die lokale chemische Analyse an möglichst vielen Punkten bzw. Volumenelementen, vorzugsweise mindestens einen Analysenpunkt pro Meter, innerhalb der Bramme oder des Knüppels bekannt ist. Je größer der Gradient innerhalb eines Abschnittes der Bramme oder des Knüppels ist, desto mehr Analysenpunkte bzw. Volumenelemente sind notwendig zur Beschreibung der lokalen Analyse.

[0015] Ein Umform-Prozessmodell bestimmt zumindest aus der lokalen chemische Analyse $B_{x,y,z}$ und einer geplanten Umformung die lokale chemische Analyse des

Zwischen- oder Fertigproduktes $F_{x,y,z}$. Dies erfolgt im einfachsten Fall durch eine Änderung der geometrischen Form eines Volumenelementes $V_{x,y,z}$ unter Berücksichtigung der Volumenkonstanz. Vorzugsweise wird auch der unterschiedliche Materialfluss in den verschiedenen Bereichen der Bramme oder des Knüppels in den einzelnen Umformstufen berücksichtigt. Dazu können beispielsweise im Vorfeld offline Umformsimulationen durchgeführt werden und der daraus bestimmt Materialfluss als Parametersatz übernommen werden.

[0016] Ein Werkstoff-Prozessmodell, insbesondere ein Gefügemodell, ermittelt das vorliegende Gefüge und / oder die mechanischen Eigenschaften des Zwischen- oder Fertigproduktes in Abhängigkeit von der lokalen chemischen Analyse $F_{x,y,z}$ des Zwischen- oder Fertigproduktes und den Soll-Prozessparametern der Umformstraße, insbesondere einer Walzstraße. Ein mögliches Werkstoffmodell ist dazu beispielsweise aus der EP 3 096 896 B1 bekannt. Die Soll-Prozessparameter der Umformstraße können die üblichen Soll-Prozessparameter für die Verarbeitung einer in der Bramme oder dem Knüppel vorkommenden lokalen chemischen Analyse sein.

[0017] Ein Verarbeitungs-Prozessmodell passt die Soll-Prozessparameter der Umformstraße, insbesondere den Temperaturverlauf bei der Verarbeitung, die Stichabnahme der einzelnen Umformschritte und / oder die Kühlintensität bzw. Kühlort innerhalb der Umformstraße, und damit die lokale Gefügeentwicklung im Verarbeitungsverlauf derartig an, dass die mechanischen Eigenschaften des Zwischen- oder Fertigproduktes in einem geplanten Zielkorridor liegen. Der Zielkorridor für die mechanischen Eigenschaften im erfindungsgemäßen Sinne ist ein Bereich, der es ermöglich verwendbare Bauteile aus der Bramme oder dem Knüppel zu erzeugen.

[0018] Die ermittelten Sollprozessparameter sind erfindungsgemäß keine konstanten Werte, sondern verändern sich zeitlich auf das einzelne Aggregat bezogen bzw. in Bezug auf den jeweiligen Bereich oder das Volumenelement der Bramme oder des Knüppels. Eine Verwendung eines Optimierungsalgorithmus, beispielsweise eines Iterationsalgorithmus, innerhalb des Verarbeitungsprozessmodells in Verbindung mit dem Gefügemodell verbessert dabei die Einhaltung des geplanten Zielkorridors bei der Verarbeitung der Übergangsbramme oder -knüppels.

[0019] Die dabei ermittelten variablen Soll-Prozessparameter werden an die Steuerung oder Regelung als Sollwerte für die Verarbeitung übergeben.

[0020] Weitere bevorzugte Ausprägungen des Verfahrens sind in den abhängigen Ansprüchen 2 bis 13 ausgeführt.

[0021] Die Übergangsbramme oder - knüppel entsteht bevorzugt durch einen kontinuierlichen Strangguss zweier Chargen mit einer chemischen Analysendifferenz bei dem sich die Chargen in einem kontinuierlichen Stranggussverteiler vermischen. Die lokale chemische Analyse $B_{x,y,z}$ wird auf Basis der mittleren chemische Analyse der ersten Charge und der zweiten Charge bestimmt. Die mittlere chemische Analyse einer Charge im flüssigen Zustand lässt sich einfach und sicher bestimmen.

[0022] Ein Mischungsmodell bestimmt vorzugsweise einen zeitlichen Verlauf einer chemischen Analyse T aus der mittleren chemische Analyse einer ersten vergossenen Charge und einer zweiten Charge in der Stranggusskokille. Dazu muss für das verwendete System aus Stranggussverteiler und Kokille ein spezifisches Verweilzeitmodell für die Charge bzw. die chemischen Elemente erstellt werden. Dies kann durch CFD-Simulationen oder Messungen ermittelt werden.

[0023] Mit Hilfe der Gießgeschwindigkeit der Bramme oder des Knüppels wird bevorzugt der zeitlicher Verlauf der chemischen Analyse T in eine lokale mittlere chemische Gießanalyse $G_{x,y,z}$ der Bramme umwandelt. Aus der lokalen mittleren chemische Gießanalyse $G_{x,y,z}$ der Bramme wird die lokale chemische Analyse $B_{x,y,z}$ errechnet.

[0024] Die lokale mittlere chemische Gießanalyse $G_{x,y,z}$ wird bevorzugt durch ein Erstarrungsmodell, welches vorzugsweise die Seigerung bei der Erstarrung berücksichtigt, in die lokale chemische Analyse $B_{x,y,z}$ umgerechnet. Als Erstarrungsmodell kann hier beispielsweise ein thermodynamisches Gleichgewichtsmodell verwendet werden. Hierdurch kann der Einfluss der Entmischung bei der Erstarrung einer Legierung auf die lokale chemische Analyse berücksichtigt werden. Insbesondere in Kombination mit Messung der chemischen Zusammensetzung auf der Oberfläche der Bramme oder des Knüppels kann die Genauigkeit der lokalen chemischen Analyse dadurch verbessert werden.

[0025] Bei der Umrechnung der lokalen mittleren chemischen Gießanalyse $G_{x,y,z}$ in die lokale chemische Analyse der Bramme werden der Effekt von Seigerungsreduzierender Anlagentechnik, insbesondere von Rührspulen und / oder Softreduktion, berücksichtigt. Hierdurch können Einflüsse von nicht thermodynamischen Parametern auf die lokale chemische Analyse berücksichtigt werden. Dadurch verbessert sich zusätzlich die Genauigkeit der Bestimmung der lokalen chemischen Analyse.

[0026] Die Bramme weist einen definierten Kopf- und einen Fußbereich auf und der Kopf- bzw. Fußbereich umfasst bevorzugt $\leq$ 10%, mehr bevorzugt $\leq$ 5% der Gesamtlänge der Bramme. Die mittleren lokalen chemischen Analysen des Kopf- und Fußbereiches der Bramme unterscheiden sich bevorzugt in mindestens einem Element, vorzugsweise C, Si, Mn, Cr, Mo, Al, N, Nb und / oder B, um mindestens 10 Gew.-%, vorzugsweise mindestens 20 Gew.-%.

[0027] Vorzugsweise wird die lokale chemische Analyse aus einer Messung der chemischen Analyse auf der Oberfläche der Bramme oder des Knüppels bestimmt. Die Oberfläche der Bramme ist für eine Messung der chemischen Analyse leicht zugänglich. Entsprechende Messverfahren können auch in bestehenden Fertigungsstraßen leicht nachträglich installiert werden.

[0028] Bevorzugt wird eine Gießwalzanlage bei der Verarbeitung verwendet. Das Ein- bzw. Ausschleusen der Übergangsbrammen oder Knüppel zwischen der Gieß- und der Walzanlage verursacht Aufwand und Kosten. Durch das Erfindungsgemäße vorgehen können diese vermieden werden.

[0029] Das Gefügemodell berechnet bevorzugt unter anderem auf Basis der Hall Petch Relation und der Mischkristallhärtung die mechanischen Eigenschaften. Derartige Relationen bieten ausreichend genaue Werte für die Steuerung bzw. Regelung des Verarbeitungsprozesses.

[0030] Zumindest an einer Stelle in der Verarbeitungskette wird bevorzugt die Gefügezusammensetzung durch eine Messung, vorzugsweise eine kontinuierliche Messung, bestimmt. Dadurch kann die Modellierung der mechanischen Eigenschaften verbessert werden.

[0031] Vorzugsweise wird auf Basis der gemessenen Gefügezusammensetzung die Steuerung oder Regelung die Sollwerte der Verarbeitung angepasst. Dies ermöglicht die Feinkorrektur der Gefügezusammensetzung und reduziert dadurch die Streuung innerhalb des Zielkorridors der mechanischen Eigenschaften.

[0032] Die Zielabmessung des Zwischen- oder Fertigproduktes zur Einhaltung der mechanischen Eigenschaften wird bevorzugt variabel eingestellt. Dieser zusätzliche Freiheitsgrad bei der Umformung ermöglicht die Einhaltung mechanischer Eigenschaften auch bei größeren Differenzen in der chemischen Analytik in der Übergangsbramme oder -knüppel.

[0033] Ein Kaltwalzvorgang, Oberflächenbeschichtung und / oder Dressiervorgang ist bevorzugt bei der Verarbeitung beteiligt. Hierdurch wird die gesamte Verarbeitungskette, insbesondere bei einem Stahlband, einbezogen.

[0034] Das erfindungsgemäße Verfahren wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die genannten Figuren in Form von Ausführungsbeispielen detailliert beschrieben. In allen Figuren sind gleiche technische Elemente mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

[0035] Der Beschreibung sind die folgenden zwei Figuren beigefügt:

Figur 1: Anlagenschema Warmbandstraße mit Schema des Modells und Messungen

Figur 2: Verlauf der chem. Analyse, mech. Eigenschaft und einer beispielhaften Prozessgröße

[0036] *Figur 1* zeigt im oberen Bereich eine Gieß-Walz-Anlage. Diese besteht aus einer Stranggussanlage, 6 Walzgerüsten, einer Kühlstrecke und einer Haspel. Mit Hilfe der Stranggussanlage können Brammen nahezu kontinuierlich erzeugt werden. Im darunterliegenden Bereich ist die Verbindung der Anlagentechnik zu der Mess- bzw. Modellierung und dem Level-3-System dargestellt.

[0037] Der Strangguss ist verknüpft mit der Bestimmung der lokalen chemischen Analyse durch eine Messung und / oder einer Modellierung dieses Wertes. Die ortsabhängige lokale chemische Analyse wird an die erste Modellierungseinheit übergeben. Diese weist eine Gefügesimulation auf und ermittelt die optimale zeitabhängige Aufwickeltemperatur unter Berücksichtigung von vorgegebenen Zieleigenschaften des fertigen Stahlbandes.

[0038] Die lokale chemische Analyse und die optimale zeitabhängige Aufwickeltemperatur werden an das Verarbeitungsprozessmodell übergeben. Dies ermittelt daraus die Einstellung der Wasserzufuhr in der Kühlung in Abhängigkeit von der Bandlänge.

[0039] Das Level-3-System speichert die anfallenden Daten aus der Gießwalzanlage und stellt die Schnittstelle für die Vorgabe von Zielkorridoren bereit. Eine Übergeordnete Regelung der Anlage überwacht die Einhaltung der bandpositionsabhängigen Sollwerte.

[0040] *Figur 2* zeigt ein Diagramm einer Übergangsbramme mit unterschiedlichen Werten. Ausgangswerkstoff der Bramme 1 ist die Güte A mit einem mittleren Mangangehalt von 0,4 Gew. %. In der Stranggussanlage wird anschließend eine Charge mit einem Mangangehalt von 0,75 Gew.-% vergossen. Dadurch ergibt sich für die Bramme 2 als Übergangsbramme der dargestellte ansteigende Mangangehalt. Durch die längenabhängige Veränderung der Aufwickeltemperatur kann eine Zugfestigkeit von ca. 450 N/mm^2 über die gesamte Bandlänge eingestellt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Verarbeiten von einer metallischen Übergangsbramme oder - knüppel mit einer in der Übergangsbramme oder -knüppel örtlich variablen chemischen Analyse zu einem Zwischen- oder Fertigprodukt mit einem Zielkorridor für die mechanischen Eigenschaften und einer Zielabmessung in einer Umformeinrichtung, insbesondere in einer Walzstraße, wobei die variable chemische Analyse durch einen gezielten Prozess herbeigeführt wird oder aus einem Prozessfehler in einem vorhergehenden Verfahrensschritt bei der Erzeugung der Übergangsbramme oder -knüppel resultiert, aufweisend zumindest die Arbeitsschritte:

   - Erwärmen und / oder Halten der Übergangsbramme oder -knüppel auf einer Zieltem peratur;
   - Umformen der erwärmten Übergangsbramme oder -knüppel zu einem Zwischen- oder Fertigprodukt;
   - Abkühlen des Zwischen- oder Fertigproduktes;

   wobei die jeweiligen Soll-Prozesswerte für die einzelnen an der Verarbeitung beteiligten Aggregate durch eine übergeordnete Steuerung oder Regelung vorgegeben werden,
   dadurch gekennzeichnet, dass

- die lokale chemische Analyse $B_{x,y,z}$ der Übergangsbramme oder -knüppel durch eine Messung und / oder ein Modell zumindest vor dem ersten Anstich an zumindest zwei Positionen bestimmt ist und / oder berechnet wird;
- ein Umform-Prozessmodell zumindest aus der lokalen chemische Analyse $B_{x,y,z}$ und einer geplanten Umformung die lokale chemische Analyse des Zwischen- oder Fertigproduktes $F_{x,y,z}$ bestimmt;
- ein Werkstoff-Prozessmodell, insbesondere ein Gefügemodell, die mechanischen Eigenschaften des Zwischen- oder Fertigproduktes in Abhängigkeit von der lokalen chemischen Analyse $F_{x,y,z}$ des Zwischen- oder Fertigproduktes und Soll-Prozessparametern der Walzstraße ermittelt;
- ein Verarbeitungs-Prozessmodell die Soll-Prozessparameter der Umformstraße, insbesondere den Temperaturverlauf in der Walzstraße, die Stichabnahme der einzelnen Umformschritte, die Kühlintensität bzw. der Kühlort innerhalb der Walzstraße und damit die lokale Gefügeentwicklung im Verarbeitungsverlauf derartig anpasst, dass die mechanischen Eigenschaften des Zwischen- oder Fertigproduktes in einem geplanten Zielkorridor liegen und diese Soll-Prozessparameter an die Steuerung oder Regelung als Sollwerte für die Verarbeitung übergibt.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass

- die Übergangsbramme oder - knüppel durch einen kontinuierlichen Strangguss zweier Chargen mit einer chemischen Analysendifferenz bei dem sich die Chargen in einem kontinuierlichen Stranggussverteiler vermischen entsteht; und
- die lokale chemische Analyse $B_{x,y,z}$ bestimmt wird auf Basis der mittleren chemische Analyse der ersten Charge und der zweiten Charge.

3. Verfahren nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, dass

- ein Mischungsmodell einen zeitlichen Verlauf einer chemischen Analyse T aus der mittleren chemische Analyse einer ersten vergossenen Charge und einer zweiten Charge in der Stranggusskokille bestimmt; und
- mit Hilfe der Gießgeschwindigkeit der Bramme oder dem Knüppel den zeitlichen Verlauf der chemischen Analyse T in eine lokale mittlere chemische Gießanalyse $G_{x,y,z}$ der Bramme umwandelt; und
- aus der lokalen mittleren chemische Gießanalyse $G_{x,y,z}$ der Bramme die lokale chemische Analyse $B_{x,y,z}$ umgerechnet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
die lokale mittlere chemische Gießanalyse $G_{x,y,z}$ durch ein Erstarrungsmodell, welches die Seigerung bei der Erstarrung berücksichtigt, in die lokale chemische Analyse $B_{x,y,z}$ umgerechnet wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 oder 4,
dadurch gekennzeichnet, dass
bei der Umrechnung der lokalen mittleren chemischen Gießanalyse $G_{x,y,z}$ in die lokale chemische Analyse $B_{x,y,z}$ der Bramme der Effekt von Seigerungsreduzierender Anlagentechnik, insbesondere von Rührspulen und / oder Softreduktion, berücksichtigt wird.

6. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass

- die Bramme einen Kopf- und einen Fußbereich aufweist; und
- der Kopf- bzw. Fußbereich $\leq 10\%$, vorzugsweise $\leq 5\%$ der Gesamtlänge der Bramme umfasst; und
- die mittleren lokalen chemischen Analysen des Kopf- und Fußbereiches der Bramme sich in mindestens einem Element, vorzugsweise C, Si, Mn, Cr, Mo, Al, N, Nb und / oder B, um mindestens 10 Gew.-%, vorzugsweise mindestens 20 Gew.-%, unterscheidet.

7. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die lokale chemische Analyse $B_{x,y,z}$ aus einer Messung der chemischen Analyse auf der Oberfläche der Bramme oder des Knüppels bestimmt wird.

8. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
eine Gießwalzanlage bei der Verarbeitung verwendet wird.

9. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Gefügemodell unter anderem auf Basis der Hall Petch Relation und der Mischkristallhärtung die mechanischen Eigenschaften berechnet.

10. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass
zumindest an einer Stelle in der Verarbeitungskette die Gefügezusammensetzung durch eine Messung, vorzugsweise eine kontinuierliche Messung, bestimmt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet, dass
auf Basis der gemessenen Gefügezusammensetzung die Steuerung oder Regelung die Sollwerte der Verarbeitung anpasst.

12. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Zielabmessung des Zwischen- oder Fertigproduktes zur Einhaltung der mechanischen Eigenschaften variabel eingestellt wird.

13. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
ein Kaltwalzvorgang, Oberflächenbeschichtung und / oder Dressiervorgang bei der Verarbeitung beteiligt ist.

Claims

1. Method of processing a metallic transition slab or transition billet with a chemical analysis, which is locally variable in the transition slab or billet, to form an intermediate or a finished product with a target corridor for the mechanical properties and a target dimension in reshaping equipment, particularly in a rolling train, wherein the variable chemical analysis is brought into being by a selective process or results from a process error in a preceding method step in the production of the transition slab or billet, comprising at least the work steps of:

- heating and/or maintaining the transition slab or billet to or at a target temperature;
- reshaping the heated transition slab or billet to form an intermediate or finished product;
- cooling the intermediate or finished product;

wherein the respective target process values for the individual units participating in the processing are predetermined by a superordinate control or regulation,
characterised in that

- the local chemical analysis $B_{x,y,z}$ of the transition slab or billet is determined and/or calculated at at least two positions by measurement and/or a model at least prior to the first pass;
- a reshaping process model determines the local chemical analysis $F_{x,y,z}$ of the intermediate or finished product from the local chemical analysis $B_{x,y,z}$ and a planned reshaping;
- a material process model, particularly a structural model, determines the mechanical properties of the intermediate or finished product in dependence on the local chemical analysis $F_{x,y,z}$ of the intermediate or finished product and target process parameters of the rolling train;
- a processing process model adapts the target process parameters of the reshaping train, particularly the temperature plot in the rolling train, the pass reduction of the individual reshaping steps, the cooling intensity or the cooling location within the rolling train and thus the local structural development in the course of processing, in such a way that the mechanical properties of the intermediate or finished product lie in a planned target corridor, and transfers these target process parameters to the control or regulation as target values for the processing.

2. Method according to claim 1, **characterised in that**

- the transition slab or billet results from continuous strip-casting of two charges with a chemical analysis difference in which the charges mix in a continuous strip-casting distributor and
- the local chemical analysis $B_{x,y,z}$ is determined on the basis of the mean chemical analysis of the first charge and the second charge.

3. Method according to claim 2, **characterised in that**

- a mixing model determines a time plot of a chemical analysis T from the mean chemical analysis of a first cast charge and a second charge in the strip-casting mould;
- the time plot of the chemical analysis T is converted into a local mean chemical casting analysis $G_{x,y,z}$ of the slab with the help of the rate of casting of the slab or billet; and
- the local chemical analysis $B_{x,y,z}$ is recalculated from the local mean chemical casting analysis $G_{x,y,z}$ of the slab.

4. Method according to claim 3, **characterised in that** the local mean chemical casting analysis $G_{x,y,z}$ is recalculated into the local chemical analysis $B_{x,y,z}$ by a solidification model which takes into consideration the segregation during solidification.

5. Method according to one of claims 3 and 4, **characterised in that** the effect of segregation-reducing plant technology, particularly agitation coils and/or

soft-reduction, is taken into consideration in the recalculation of the local mean chemical casting analysis $G_{x,y,z}$ into the local chemical analysis $B_{x,y,z}$ of the slab.

6. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that**

- the slab has a head region and a foot region;
- the head region or foot region comprises ≤ 10%, preferably ≤ 5%, of the total length of the slab; and
- the mean local chemical analyses of the head region and foot region of the slab differ in at least one element, preferably C, Si, Mn, Cr, Mo, Al, N, Nb and/or B, by 10 weight %, preferably at least 20 weight %.

7. Roll stand according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the local chemical analysis $B_{x,y,z}$ is determined from a measurement of the chemical analysis on the surface of the slab or billet.

8. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that**
a casting and rolling plant is used in the processing.

9. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that**
the structural model calculates the mechanical properties on the basis of inter alia the Hall Petch Relation and mixed-crystal hardening.

10. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that**
the structural composition is determined by measuring, preferably continuous measuring, at at least one point in the processing chain.

11. Method according to claim 10, **characterised in that** the control or regulation adapts the target values of the processing on the basis of the measured structural composition.

12. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that**
the target dimension of the intermediate or finished product is variably set for maintenance of the mechanical properties.

13. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that**
a cold-rolling process, a surface coating and/or a finishing process participates or participate in the processing.

Revendications

1. Procédé de traitement d'une brame ou d'une billette métallique de transition avec une analyse chimique localement variable dans la brame ou la billette de transition pour obtenir un produit intermédiaire ou fini avec un corridor cible pour les propriétés mécaniques et une dimension cible dans un dispositif de formage, en particulier dans un laminoir, dans lequel l'analyse chimique variable est provoquée par un processus ciblé ou résulte d'une erreur de processus dans une étape de procédé précédente lors de la production de la brame ou de la billette de transition, comprenant au moins les étapes de travail suivantes :

- chauffage et/ou maintien de la brame ou de la billette de transition à une température cible ;
- formage de la brame ou de la billette de transition chauffée en un produit intermédiaire ou fini ;
- refroidissement du produit intermédiaire ou fini ;

dans lequel les valeurs de processus cibles respectives pour les différents agrégats impliqués dans le traitement sont spécifiées par un contrôle ou une régulation supérieure,
caractérisé en ce que

- l'analyse chimique locale $B_{x,y,z}$ de la brame ou de la billette de transition est déterminée et/ou calculée par une mesure et/ou un modèle au moins avant la première passe à au moins deux positions ;
- un modèle de processus de formage détermine au moins à partir de l'analyse chimique locale $B_{x,y,z}$ et d'un formage planifié l'analyse chimique locale du produit intermédiaire ou fini $F_{x,y,z}$;
- un modèle de processus de matériau, en particulier un modèle de structure, détermine les propriétés mécaniques du produit intermédiaire ou fini en fonction de l'analyse chimique locale $F_{x,y,z}$ du produit intermédiaire ou fini et des paramètres de processus cibles du laminoir ;
- un modèle de processus de traitement ajuste les paramètres de processus cibles de la ligne de formage, en particulier le profil de température dans le laminoir, la réduction de passe des différentes étapes de formage, l'intensité de refroidissement ou l'emplacement de refroidissement dans le laminoir et ainsi le développement local de la structure au cours du traitement de manière à ce que les propriétés mécaniques du produit intermédiaire ou fini se situent dans un corridor cible planifié, et transmet

ces paramètres de processus cibles au contrôle ou à la régulation en tant que valeurs cibles pour le traitement.

2. Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce que

- la brame ou la billette de transition est produite par une coulée continue de deux lots avec une différence d'analyse chimique dans lequel les lots se mélangent dans un répartiteur de coulée continue ; et
- l'analyse chimique locale $B_{x,y,z}$ est déterminée sur la base de l'analyse chimique moyenne du premier lot et du deuxième lot.

3. Procédé selon la revendication 2,
caractérisé en ce que

- un modèle de mélange détermine une évolution temporelle d'une analyse chimique T à partir de l'analyse chimique moyenne d'un premier lot coulé et d'un deuxième lot dans la lingotière de coulée continue ; et
- avec l'aide de la vitesse de coulée de la brame ou de la billette, l'évolution temporelle de l'analyse chimique T est convertie en une analyse chimique moyenne locale $G_{x,y,z}$ de la brame ; et
- à partir de l'analyse chimique moyenne locale $G_{x,y,z}$ de la brame, l'analyse chimique locale $B_{x,y,z}$ est calculée.

4. Procédé selon la revendication 3,
caractérisé en ce que
l'analyse chimique moyenne locale $G_{x,y,z}$ est convertie en l'analyse chimique locale $B_{x,y,z}$ par un modèle de solidification qui prend en compte la ségrégation lors de la solidification.

5. Procédé selon l'une des revendications 3 ou 4,
caractérisé en ce que
lors de la conversion de l'analyse chimique moyenne locale $G_{x,y,z}$ en l'analyse chimique locale $B_{x,y,z}$ de la brame, l'effet de la technologie de réduction de la ségrégation, en particulier des bobines de brassage et/ou de la réduction douce, est pris en compte.

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que

- la brame a une zone de tête et une zone de pied ; et
- la zone de tête ou de pied comprend $\leq$ 10%, de préférence $\leq$ 5% de la longueur totale de la brame ; et
- les analyses chimiques locales moyennes des zones de tête et de pied de la brame diffèrent en au moins un élément, de préférence C, Si, Mn, Cr, Mo, Al, N, Nb et/ou B, d'au moins 10% en poids, de préférence au moins 20% en poids.

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
l'analyse chimique locale $B_{x,y,z}$ est déterminée à partir d'une mesure de l'analyse chimique à la surface de la brame ou de la billette.

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
une installation de coulée-laminage est utilisée lors du traitement.

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
le modèle de structure calcule les propriétés mécaniques, entre autres, sur la base de la relation Hall-Petch et du durcissement par solution solide.

10. Procédé selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
la composition de la structure est déterminée par une mesure, de préférence une mesure continue, à au moins un endroit dans la chaîne de traitement.

11. Procédé selon la revendication 10,
caractérisé en ce que
sur la base de la composition de la structure mesurée, le contrôle ou la régulation ajuste les valeurs cibles du traitement.

12. Procédé selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
la dimension cible du produit intermédiaire ou fini est ajustée de manière variable pour respecter les propriétés mécaniques.

13. Procédé selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
un processus de laminage à froid, un revêtement de surface et/ou un processus de dressage est impliqué dans le traitement.

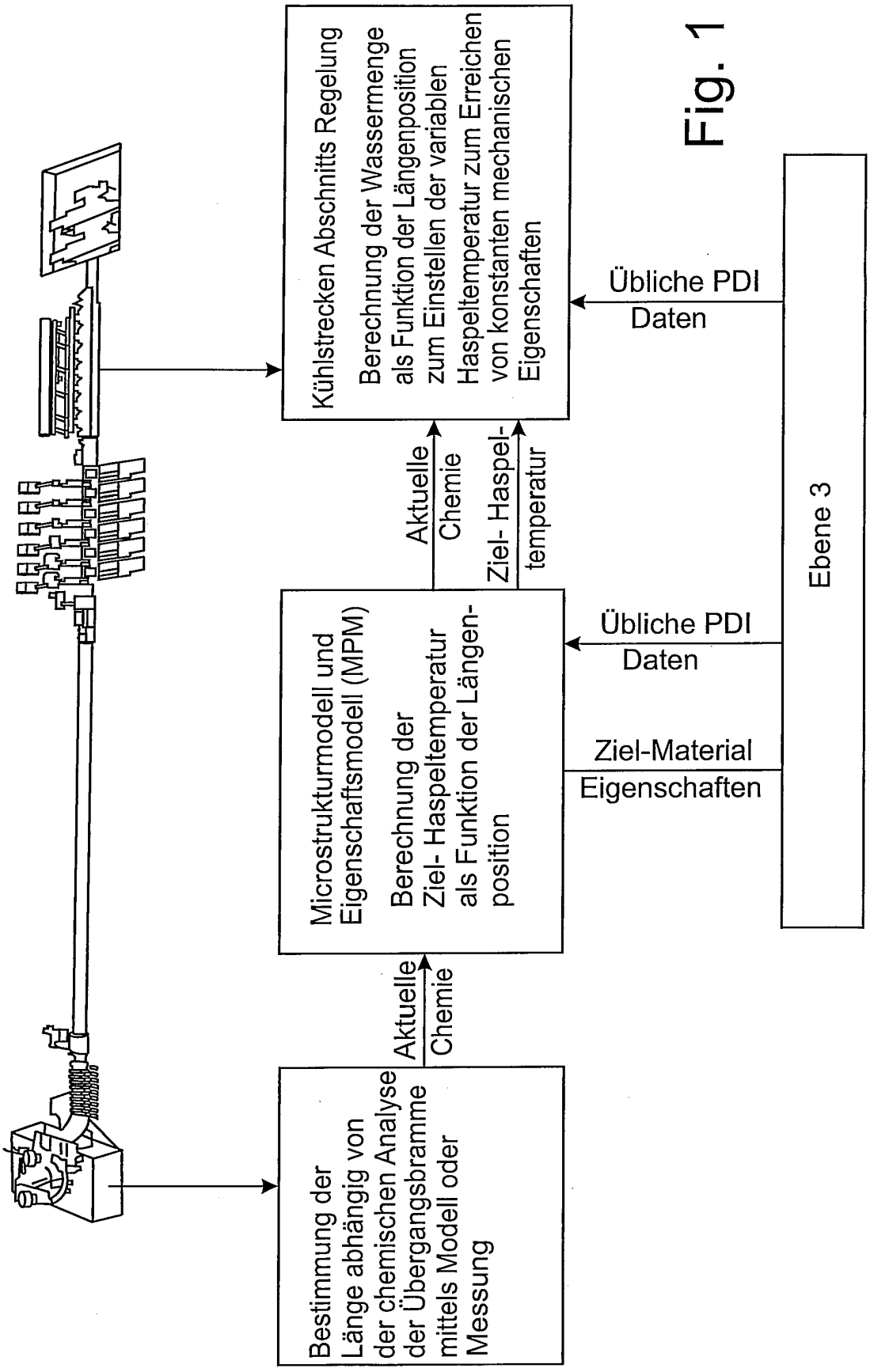

Kühlstrecken Abschnitts Regelung
Berechnung der Wassermenge als Funktion der Längenposition zum Einstellen der variablen Haspeltemperatur zum Erreichen von konstanten mechanischen Eigenschaften
Übliche PDI Daten
Aktuelle Chemie
Ziel- Haspel-temperatur
Microstrukturmodell und Eigenschaftsmodell (MPM)
Berechnung der Ziel- Haspeltemperatur als Funktion der Längen-position
Übliche PDI Daten
Ziel-Material Eigenschaften
Ebene 3
Aktuelle Chemie
Bestimmung der Länge abhängig von der chemischen Analyse der Übergangsbramme mittels Modell oder Messung

Fig. 1

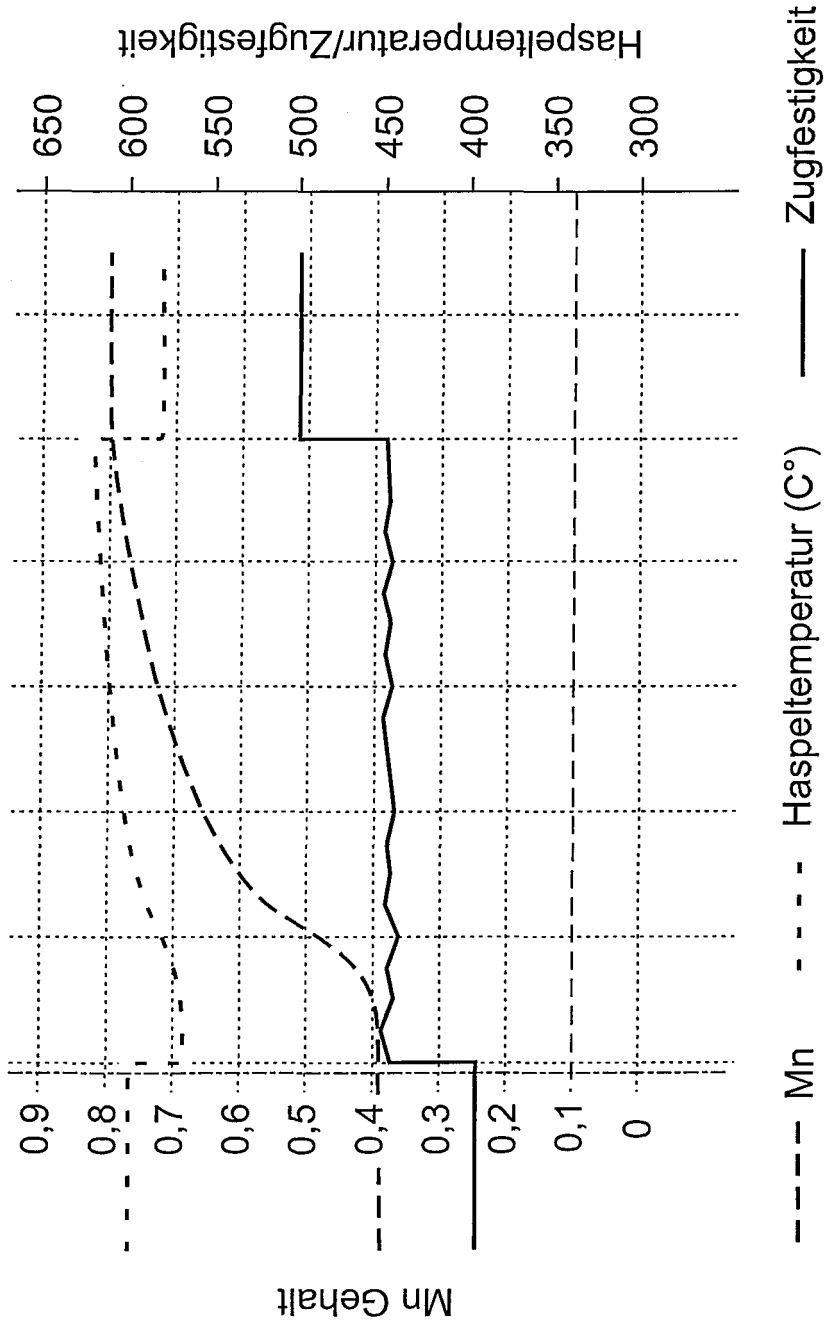

Haspeltemperatur/Zugfestigkeit
650
600
550
500
450
400
350
300
Mn Gehalt
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
Mn
Haspeltemperatur (C°)
Zugfestigkeit

Fig. 2

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

- US 2017297072 A1 **[0006]**
- EP 3096896 B1 **[0016]**

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- New applications and benefits of CAQC in casting. **ARTIKEL HUEBNER et al.** Steel Times, Fuel & Metallurgical Journals. LTD. London **[0007]**