



PATENTSCHRIFT

(12)

(21) Anmeldenummer: A 32/2001
(22) Anmeldetag: 10.01.2001
(42) Beginn der Patentdauer: 15.01.2002
(45) Ausgabetag: 26.08.2002

(51) Int. Cl.⁷: **B21B 38/00**

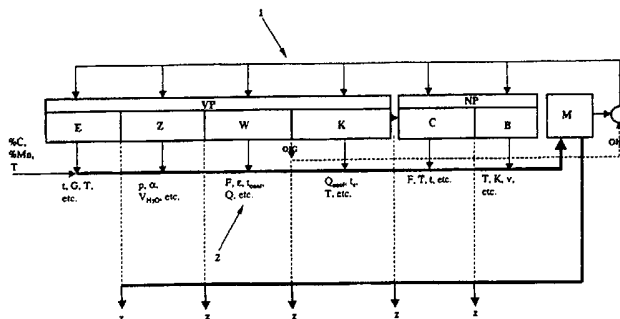
(73) Patentinhaber:
VOEST-ALPINE INDUSTRIEANLAGENBAU GMBH
& CO
A-4031 LINZ, OBERÖSTERREICH (AT).
(72) Erfinder:
HUBMER GERHARD DR.
MARCHTRENK, OBERÖSTERREICH (AT).
AUZINGER DIETMAR DR.
ALTENBERG, OBERÖSTERREICH (AT).
STEINER MICHAEL DIPL.ING.
WINDISCHGARSTEN, OBERÖSTERREICH (AT).

(54) VERFAHREN ZUM ERMITTELN DER ZUNDERAUSBILDUNG

AT 409 464 B

(57) Bei thermischen Verarbeitungsprozessen tritt zwangsweise eine Verzunderung des Werkstückes auf. Diese Verzunderung ist in den meisten Fällen unerwünscht und muss vor einer eventuellen Weiterbearbeitung entfernt werden, da das Endprodukt ansonsten unter Umständen unbrauchbar wird. Um diese Entzunderung zwischen bzw. nach Verarbeitungsprozessen zu optimieren ist es vorteilhaft, wenn das Ausmaß der Verzunderung im Voraus bekannt ist. Dazu wird ein Verfahren angegeben, das die Ermittlung der Zunderausbildung auf einem Erzeugnisprodukt bei einer Erzeugungsstufe eines thermischen Verarbeitungsprozesses im Voraus ermöglicht.

Fig. 1



Die vorliegende Erfindung beschreibt ein Verfahren zum Ermitteln der zu erwartenden Zunderausbildung auf einem Erzeugungsprodukt, insbesondere ein Maß für die Merkmale Zunderschichtdicke, Zunderschichtzusammensetzung, Zundermorphologie und Zunderhaftbarkeit, bei zumindest einer Erzeugungsstufe eines thermischen Verarbeitungsprozess.

5 Beispielsweise bei einem Walzprozess geschieht die thermische Formgebung im wesentlichen oberhalb der oberen Umwandlungslinie im Eisen-Kohlenstoff-Diagramm, weshalb das Vormaterial auf Temperaturen im Bereich zwischen 1150 bis 1250° C erwärmt werden muss. Dabei kommt es zwangsläufig zu einer Verzunderung des Materials, der vor jeglichem Verarbeitungsprozess entfernt werden muss, da sonst das Material unbrauchbar wird. Vor dem Eintritt in die Fertigwalzung erfolgt die Entfernung des Zunders mit einer Hochdruckentzunderung. Da die nachfolgenden Walzungen bei entsprechend hohen Temperaturen erfolgen, kommt es auch zwischen den Gerüsten zu einer Nachverzunderung des Warmbandes, die durch gegensteuernde Maßnahmen, beispielsweise Unterkühlung der Warmbandoberfläche, so gering wie möglich gehalten wird. Da die Zunderausbildung stark temperaturabhängig ist, erfolgt das Zunderwachstum naturgemäß auch auf der

15 Kühlstrecke und dann, insbesondere wegen der langen Zeiten, auch am aufgewickelterm Bund.
Ein thermischer Verarbeitungsprozess wird deshalb günstigerweise so betrieben, dass sich während und zwischen den einzelnen Erzeugungsstufen nur sehr wenig Zunder ausbildet. Aus langwierigen und aufwendigen Versuchsreihen ist es möglich die Betriebsparameter hinsichtlich der Verzunderung zu optimieren. Damit ist es jedoch nicht möglich auf momentane kurzfristige Veränderungen zu reagieren, was die Qualität der Erzeugungsprodukte verringern kann. Wäre die tatsächliche momentane Zunderausbildung bekannt, könnten die Betriebsparameter des Verarbeitungsprozesses den tatsächlichen Bedingungen entsprechend angepasst werden und somit eine kontinuierliche Produktion von gleichwertiger Qualität sichergestellt werden.

20 Das Ziel der vorliegenden Erfindung ist es daher ein Verfahren anzugeben, mit dem es möglich ist, die zu erwartende Zunderausbildung im Verarbeitungsprozess online und fortlaufend im Voraus zu ermitteln.

Diese Aufgabe ist für die eingangs angeführte Erfindung dadurch gelöst, dass Messdaten aus Erzeugungsbedingungen, wie beispielsweise Temperaturen, Wärmemengen, etc., im thermischen Verarbeitungsprozess, und/oder Eigenschaften des thermisch bearbeiteten Erzeugungsproduktes, wie beispielsweise Welligkeit, Profil, Lagerplatz, etc., online erfasst werden, dass diese erfassten Messdaten und/oder Eigenschaften einem den thermischen Verarbeitungsprozess und die Zunderausbildung beschreibenden mathematischen Modell, z.B. ein physikalisches/metallurgisches und/oder ein statistisches und/oder ein künstliches Intelligenz Modell, zugeführt werden und dass

30 mittels diesem mathematischen Modell ein Maß für zumindest ein Merkmal der Zunderausbildung ermittelt wird.
Dadurch, dass die Zunderausbildung berechnet wird können Betriebsparameter des Verarbeitungsprozesses so eingestellt werden, dass die Zunderausbildung ein bestimmtes Maß einnimmt. Damit kann auf kurzfristige Änderungen im Produktionsprozess sofort reagiert werden, was eine wesentliche Qualitätssteigerung des Erzeugungsproduktes zur Folge hat. Der Verarbeitungsprozess im Ganzen ist leichter steuerbar und es wird möglich mit den gewonnen Ergebnissen die qualitativ hochwertige Herstellung eines Produktes auch nach einem Verarbeitungsprozess zu belegen.

40 Zudem ist es nicht mehr notwendig für jedes Material bzw. jede Materialgruppe eine aufwendige Versuchsreihe zu fahren um die idealen Betriebsparameter zu bestimmen. Weiters kann der Verarbeitungsprozess optimiert werden, wodurch ein geringerer Ressourcenverbrauch, z.B. für eine Entzunderung, und ein höherer Durchsatz erreicht werden kann.

Eine besonders vorteilhafte Erweiterung des Verfahrens erhält man, wenn nach dem thermischen Verarbeitungsprozess zumindest ein Nachbearbeitungsprozess, wie z.B. ein Beizprozess oder ein Streck-Biegeprozess, etc., durchgeführt wird, bestimmte Messdaten im Nachbearbeitungsprozess erfasst werden, diese erfassten Messdaten einem den Nachbearbeitungsprozess beschreibenden mathematischen Modell, z.B. ein physikalisches/metallurgisches und/oder ein statistisches und/oder ein künstliches Intelligenz Modell, zugeführt wird, das den Nachbearbeitungsprozess beschreibende mathematische Modell in das den Verarbeitungsprozess und die Zunderausbildung beschreibende mathematische Modell eingebunden wird und mittels der zusammengeführten mathematischen Modelle ein Maß für zumindest ein Merkmal der Zunderausbildung ermit-

55

telt wird. Dadurch wird der ganze Produktionsprozess eines thermischen Erzeugungsproduktes in einem gemeinsamen Modell erfasst, was die zentrale Steuerung des Produktionsprozesses zur Erreichung gewisser Qualitätsvorgaben des Erzeugungsproduktes erleichtert bzw. erst ermöglicht.

5 Wenn zumindest ein Merkmal der Zunderausbildung, beispielsweise die Zunderschichtdicke, die Zunderschichtzusammensetzung, die Zundermorphologie oder die Zunderhaftbarkeit, online gemessen wird, können diese Messwerte sehr vorteilhaft im Verfahren verwendet werden. Zum einen können die online erfassten Messwerte zur Verbesserung und/oder Kalibrierung des zugrundeliegenden mathematischen Modells verwendet werden oder bestimmte zu ermittelnde Teile der Zunderausbildung können durch die Messwerte ersetzt werden, wodurch sich das mathematische
10 Modell vereinfacht und die erforderliche Rechenleistung verringert wird.

Ganz besonders vorteilhaft wird als Nachbearbeitungsprozess ein Beizprozess verwendet und die Ergebnisse der Berechnungen zur Zunderausbildung zur Bestimmung von zumindest einem Parameter des Beizprozesses verwendet. Damit kann ein nachfolgender Beizprozess optimal auf die aktuelle Zunderausbildung eingestellt werden, was die Effektivität des Beizprozess wesentlich
15 erhöht.

Werden anhand der ermittelten Zunderausbildung zumindest ein Betriebsparameter zumindest einer Erzeugungsstufe des Verarbeitungsprozesses oder eines Nachbearbeitungsprozesses so eingestellt, dass bestimmte Zielvorgaben betreffend die Zunderausbildung erreicht werden, kann die Zunderausbildung während des ganzen Verarbeitungsprozesses und Nachbearbeitungsprozesses gezielt kontrolliert und gesteuert werden, was gleichmäßige Produktionsbedingungen sicherstellt. Dieses Verfahren kann noch weiter verbessert werden, wenn Prozessdaten von vorangegangenen Verarbeitungsprozessen und/oder Nachbearbeitungsprozessen in die Berechnungen zur Zunderausbildung eingebunden werden.
20

Eine günstige Betriebsweise des Verfahrens ergibt sich, wenn der Betrieb des Verarbeitungsprozesses und/oder der anschließenden Nachbearbeitungsprozesse hinsichtlich der Zunderausbildung des Erzeugungsproduktes optimiert wird. Beispielsweise kann der Produktionsprozess so gesteuert werden, dass im Verarbeitungsprozess und in nachgeschalteten Nachbearbeitungsprozessen eine minimale Zunderausbildung entsteht, was notwendige Zwischenschritte, wie die Entzündung, vereinfacht und verkürzt.
25

Das Verfahren kann sehr vorteilhaft erweitert werden, wenn bestimmte Zunderfehler am Erzeugungsprodukt mit einem Oberflächeninspektionsgerät erfasst werden, diese Zunderfehler mit Betriebsparametern des Verarbeitungsprozesses, bzw. Nachbearbeitungsprozesses, und/oder physikalisch/metallurgischen Größen und/oder anlagenspezifischen Parametern zugeordnet werden und diese Betriebsparameter und/oder physikalisch/metallurgischen Größen und/oder anlagenspezifischen Parameter im Betrieb des Verarbeitungsprozesses, bzw. Nachbearbeitungsprozesses, ausgeschlossen werden. Dadurch ist es möglich gezielt bestimmte Zunderfehler von vornherein zu vermeiden, was wiederum die Effektivität des Produktionsprozesses und die Qualität des Endproduktes erhöht.
30

Besonders vorteilhaft werden die mathematischen Modelle des Warmwalzprozesses und der Verarbeitungsprozesse auf einem Prozessrechner implementiert. Ganz besonders günstig ist es, wenn die mathematischen Modelle so implementiert werden, dass die zugrundeliegenden Modelle mittels Daten von Zunderproben kontinuierlich an die aktuellen Produktionsbedingungen angepasst werden können.
40

Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Ergebnisse der Ermittlung zur Zunderausbildung in einzelnen Erzeugungsstufen des Verarbeitungsprozesses oder in Nachbearbeitungsprozessen zur Prozesssteuerung und/oder Prozessoptimierung des Verarbeitungsprozesses oder Nachbearbeitungsprozesses verwendet werden. Dies unterstützt wiederum den Produktionsprozess und stellt ein qualitativ hochwertiges Erzeugungsprodukt sicher.
45

Besonders vorteilhaft wird das Verfahren bei einem Walzprozess und gegebenenfalls einem Nachbearbeitungsprozess, insbesondere einem Beizprozess und einer Coil-Behandlung, angewandt.
50

Die Erfindung wird anhand der folgenden schematischen, beispielhaften und nicht einschränkenden Figur 1 beschrieben. Die Fig. 1 zeigt schematisch die Stufen eines thermischen Verarbeitungsprozesses VP mit angeschlossenen Nachbearbeitungsprozessen NP, sowie deren Einbindung in ein den thermischen Verarbeitungsprozess VP und den Nachbearbeitungsprozess NP
55

beschreibendes mathematisches Modell M.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wird die Erfindung nicht einschränkend am Beispiel eines Warmwalzprozesses, zur Herstellung von Blechen, Drähten, Bändern, etc., beschrieben. Der Warmwalzprozess wird in Fig. 1 grob durch vier Erzeugungsstufen, die Erwärmung E, die Entzunderung Z, das Walzen W und die Bandkühlung K dargestellt. In jeder Erzeugungsstufe werden bestimmte Erzeugungsbedingungen erfasst. Während der Erwärmung E z.B. bestimmte Zeiten t , Temperaturen T , Gase G , etc., bei der Entzunderung Z z.B. Drücke p , Strahlwinkel α , Wassermengen V_{H_2O} , etc., beim Walzen W z.B. Kräfte F , Stichabnahmen ε , Kühlmengen Q_{cool} , etc. und beim Bandkühlen K z.B. Kühlmengen Q_{cool} , Schaltzeiten t_s , Temperaturen T , etc. Im Anschluss an den Warmwalzprozess sind in diesem Beispiel noch zwei Nachbearbeitungsprozesse NP, eine Coil-Behandlung C, beispielsweise eine Streck-Biegeeinrichtung, und ein Beizprozess B, vorgesehen. Von diesen beiden Nachbearbeitungsprozessen NP werden ebenfalls bestimmte Messwerte 2, wie z.B. Kräfte F , Temperaturen T , Zeiten t , Konzentration des Beizbades K , Geschwindigkeiten v , etc., erfasst. Zusätzlich werden noch bestimmte Daten über das Ausgangsmaterial, z.B. dessen chemische Zusammensetzung %C, %Mn, etc., erfasst.

Diese Messdaten 2 werden allesamt einem mathematischen Modell M, welches sowohl den Warmwalzprozess als auch die Nachbearbeitungsprozesse NP modelliert, zugeführt. Dieses mathematische Modell M kann ein physikalisch/metallurgisches und/oder ein statistisches und/oder ein künstliches Intelligenz Modell sein.

Für den Warmwalzprozess gibt es unterschiedliche Modelle, die verwendet werden können. Ein geeignetes mathematisches Modell M für einen Warmwalzprozess kann z.B. der WO 98/18970 entnommen werden.

Die Zunderausbildung z kann beispielsweise durch folgende Beziehungen modelliert werden:

Für das Zunderwachstum der einzelnen Phasen i (Wüstit, Hämatit und Magnetit) wird bei festgehaltener Temperatur T ein Produktansatz mit einem Arrhenius-Term in der Form

$$S(t; i) = C_1(i) \cdot \sqrt{t} \cdot e^{\left(\frac{-C_2(i)}{T}\right)}$$

gewählt. Dabei bezeichnet S die Zunderschichtdicke, t die Zeit seit Beginn des Zunderwachstums, T die Warmbandoberflächentemperatur und i die Zunderphase. Die Koeffizienten C_1 , C_2 sind analyseabhängig und werden aus Experimenten ermittelt. Für reale Prozesse, bei denen die Temperatur zeitabhängig ist, erfolgt die Behandlung beispielsweise mit dem für Fachleute auf diesem Gebiet bekannten modifizierten Scheil-Ansatz. Die gesamte Zunderschichtdicke ergibt sich dann als die Summe der einzelnen Phasenanteile. Für die mittlere Oberflächenrauheit (Morphologie) wird der Ansatz

$$R_a = C_r (T_{coil})^{t_r} (\varphi_{\tan d_i})^{p_r} (\varphi p_{\tan d_i})^{pp_r} sg^{s_r}$$

gewählt, wobei C_r ein analyseabhängiger Parameter und t_r , p_r , pp_r und s_r die aus Experimenten angepassten Exponenten für die Haspeltemperatur T_{coil} , die Verformung φ , die Verformungsgeschwindigkeit φp und den Streckgrad sg sind.

Als Maß für die Haftbarkeit wird die Anfangssteigung k_B der Beizkurve genommen. Dazu wird analog zur Morphologie der Ansatz

$$H_{kB} = C_h (T_{coil})^{t_h} (\varphi_{\tan d_i})^{p_h} (\varphi p_{\tan d_i})^{pp_h} sg^{s_h}$$

gewählt, wobei C_h ein analyseabhängiger Parameter und t_h , p_h , pp_h und s_h die aus Experimenten angepassten Exponenten für die Haspeltemperatur T_{coil} , die Verformung φ , die Verformungsgeschwindigkeit φp und den Streckgrad sg sind.

Natürlich können auch andere Modelle der Zunderausbildung im Rahmen der Erfindung gleichwertig verwendet werden.

Dieses mathematische Modell für die Zunderausbildung z wird in das mathematische Modell M für den Warmwalzprozess und den Nachbearbeitungsprozessen NP eingebunden. Dieses gemeinsame mathematische Modell M wird in der Folge verwendet, um die Zunderausbildung z nach

jeder Erzeugungsstufe E, Z, W, K des Warmwalzprozesses und/oder nach jedem Nachbearbeitungsprozess C, B, im voraus zu berechnen. Natürlich kann die Zunderausbildung z auch nur für bestimmte ganz besonders interessante Erzeugungsstufen berechnet werden. Dieses Ergebnis kann dann dazu verwendet werden, die Betriebsparameter 1 des Warmwalzprozesses und/oder der Nachbearbeitungsprozesse NP so zu steuern, dass die Prozesse hinsichtlich der Zunderausbildung z optimal arbeiten und/oder bestimmte Zielvorgaben betreffend der Eigenschaften der Zunderschicht erreicht werden. Diese so ermittelten Betriebsparameter 1 können in weiterer Folge für verwandte Produktqualitäten genutzt werden, wodurch geeignete Erzeugungsbedingungen für solche verwandte Produktqualitäten ohne lange Versuchsreihen festgelegt werden können.

Da mit diesem mathematische Modell M die Zunderausbildung z nach dem Warmwalzen bekannt ist, kann diese Information direkt in nachgeschalteten Nachbearbeitungsprozessen NP zu einer optimalen Einstellung dieser Nachbearbeitungsprozesse NP genutzt werden. Zum Beispiel kann durch eine optimale Einstellung der Betriebsparameter 1, z.B. Temperatur T und Geschwindigkeit v, eines anschließenden Beizprozesses B eine Leistungssteigerung der Beize, eine Verringerung des Beizabtrages, mit weniger Materialverlust und damit höherem Ausbringen und eine Verringerung des Säureverbrauchs, ohne langwierige Versuchsreihen erreicht werden.

Einzelne Merkmale der Zunderausbildung, wie beispielsweise die Zunderschichtdicke, die Zunderschichtzusammensetzung, die Zundermorphologie oder die Zunderhaftbarkeit, können auch direkt online gemessen werden. Diese Messungen können dazu verwendet werden die entsprechenden Berechnungen zu ersetzen und/oder um die zugrundeliegenden mathematischen Modelle M entweder fortlaufend automatisch oder nachträglich zu verbessern oder zu kalibrieren.

In einer zusätzlichen Erweiterung ist bei diesem Ausführungsbeispiel ein Oberflächeninspektionsgerät OIG vorgesehen, mit denen bestimmte Zunderfehler am warmgewalzten Band ermittelt werden. Diese Zunderfehler werden direkt mit Fahrweisen, physikalisch/metallurgischen Größen und/oder anlagenspezifischen Parametern in Verbindung gebracht. Dadurch können durch die Kenntnis solcher Zusammenhänge von vornherein bestimmte Fahrweisen oder Anlagenzustände, die zu Zunderfehlern neigen vermieden werden.

Außerdem kann das Oberflächeninspektionsgerät OIG natürlich auch dazu verwendet werden, nachgeschaltete Prozesse zu steuern und/oder die zugrundeliegenden mathematischen Modelle zu verbessern.

Weiteres bietet die Umsetzung mit mathematischen Modellen M die Möglichkeit die zugrundeliegenden physikalisch/metallurgischen und/oder statistischen und/oder künstliche Intelligenz Modelle kontinuierlich an die Produktionsbedingungen anzupassen. Sinnvollerweise werden die mathematischen Modelle M auf einem Prozessrechner implementiert, wodurch die Anpassung, Abgleichung und Verbesserung der mathematischen Modelle M zur Bestimmung der Zunderausbildung sehr einfach vorgenommen werden kann.

Es können erfindungsgemäß beliebige geeignete mathematische Modelle M zugrundegelegt werden. Die Auswahl eines bestimmten am besten passenden Modells obliegt dabei einem entsprechenden Fachmann.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Verfahren zum Ermitteln der zu erwartenden Zunderausbildung (z) auf einem Erzeugungsprodukt, insbesondere ein Maß für die Merkmale Zunderschichtdicke, Zunderschichtzusammensetzung, Zundermorphologie und Zunderhaftbarkeit, bei zumindest einer Erzeugungsstufe eines thermischen Verarbeitungsprozess (VP), **dadurch gekennzeichnet, dass** Messdaten (2) aus Erzeugungsbedingungen, wie beispielsweise Temperaturen (T), Wärmemengen (Q), etc., im thermischen Verarbeitungsprozess (VP), und/oder Eigenschaften des thermisch bearbeiteten Erzeugungsproduktes, wie beispielsweise Welligkeit, Profil, Lagerplatz, etc., online erfasst werden, **dass** diese erfassten Messdaten (2) und/oder Eigenschaften einem den thermischen Verarbeitungsprozess (VP) und die Zunderausbildung (z) beschreibenden mathematischen Modell (M), z.B. ein physikalisches/metallurgisches und/oder ein statistisches und/oder ein künstliches Intelligenz Modell, zugeführt werden **und dass** mittels diesem mathematischen Modell (M) ein Maß für zumindest ein

Merkmal der Zunderausbildung (z) ermittelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach dem thermischen Verarbeitungsprozess (VP) zumindest ein Nachbearbeitungsprozess (NP) durchgeführt wird, **dass** bestimmte Messdaten (2) im Nachbearbeitungsprozess (NP) erfasst werden, **dass** diese erfassten Messdaten (2) einem den Nachbearbeitungsprozess (NP) beschreibenden mathematischen Modell (M), z.B. ein physikalisches/metallurgisches und/oder ein statistisches und/oder ein künstliches Intelligenz Modell, zugeführt werden, **dass** das den Nachbearbeitungsprozess (NP) beschreibende mathematische Modell (M) in das den thermischen Verarbeitungsprozess (VP) und die Zunderausbildung (z) beschreibende mathematische Modell (M) eingebunden wird **und dass** mittels der zusammengeführten mathematischen Modelle (M) ein Maß für zumindest ein Merkmal der Zunderausbildung (z) ermittelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein Merkmal der Zunderausbildung (z), beispielsweise die Zunderschichtdicke, die Zunderschichtzusammensetzung, die Zundermorphologie oder die Zunderhaftbarkeit, online gemessen wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die online erfassten Messwerte der Zunderausbildung (z) zur Verbesserung und/oder Kalibrierung des zugrundeliegenden mathematischen Modells (M) verwendet werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mathematische Modell (M) mittels Daten von Zunderproben kontinuierlich an die aktuellen Produktionsbedingungen angepasst werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Nachbearbeitungsprozess (NP) ein Beizprozess (B) eingesetzt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ergebnisse der Ermittlung der Zunderausbildung (z) zur Bestimmung von zumindest einem Betriebsparameter (1) des Beizprozesses (B), wie beispielsweise Geschwindigkeit des Produktes in der Beize (v), Temperatur des Beizbades (T), Säurekonzentration im Beizbad (K), etc., verwendet werden.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** anhand der ermittelten Zunderausbildung (z) zumindest ein Betriebsparameter (1) zumindest einer Erzeugungsstufe des thermischen Verarbeitungsprozess (VP) oder eines Nachbearbeitungsprozesses (NP) so eingestellt wird, dass bestimmte Zielvorgaben betreffend die Zunderausbildung (z) erreicht werden.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** Prozessdaten von vorangegangenen thermischen Verarbeitungsprozessen (VP) und/oder Nachbearbeitungsprozessen (NP) in die Berechnungen zur Zunderausbildung (z) eingebunden werden.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Betrieb des thermischen Verarbeitungsprozess (VP) und/oder der anschließenden Nachbearbeitungsprozesse (NP) hinsichtlich der Zunderausbildung (z) des Erzeugungsproduktes optimiert wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ergebnisse der Berechnungen zur Zunderausbildung (z) in einzelnen Erzeugungsstufen des Verarbeitungsprozessen (VP) und/oder Nachbearbeitungsprozesses (NP) zur Prozesssteuerung und/oder Prozessoptimierung verwendet werden.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** bestimmte Zunderfehler am Erzeugungsprodukt mit einem Oberflächeninspektionsgerät (OIG) erfasst werden, **dass** diese Zunderfehler Betriebsparametern (1) des thermischen Verarbeitungsprozesses (VP), bzw. nachgeschalteten Nachbearbeitungsprozessen (NP), und/oder physikalisch/metallurgischen Größen und/oder anlagenspezifischen Parametern zugeordnet werden **und dass** diese Betriebsparameter (1) und/oder physikalisch/metallurgischen Größen und/oder anlagenspezifischen Parameter im Betrieb des thermischen Verarbeitungsprozess (VP), bzw. Nachbearbeitungsprozesses (NP), ausgeschlossen werden.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die

mathematischen Modelle (M) des thermischen Verarbeitungsprozess (VP) und der Nachbearbeitungsprozesse (NP) auf einem Prozessrechner implementiert werden.

14. Anwendung des Verfahren zum Ermitteln der zu erwartenden Zunderausbildung (z) nach einem der Ansprüche 1 bis 13 bei einem Warmwalzprozess und gegebenenfalls einem Nachbearbeitungsprozess (NP), insbesondere einem Beizprozess (B) und eine Coil-Behandlung (C).

5

HIEZU 1 BLATT ZEICHNUNGEN

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

