



(11)

EP 3 642 372 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
26.05.2021 Patentblatt 2021/21

(51) Int Cl.:
C21D 11/00 ^(2006.01) **C21D 9/56** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18729646.2**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2018/064722

(22) Anmeldetag: **05.06.2018**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2018/234028 (27.12.2018 Gazette 2018/52)

(54) VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES GLÜHOFENS

METHOD FOR OPERATING AN ANNEALING SURFACE

PROCÉDÉ PERMETTANT DE FAIRE FONCTIONNER UN FOUR DE RECUIT

(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: **20.06.2017 DE 102017210230**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
29.04.2020 Patentblatt 2020/18

(73) Patentinhaber: **SMS Group GmbH
40237 Düsseldorf (DE)**

(72) Erfinder:
• **DAUBE, Thomas
47279 Duisburg (DE)**
• **JAENECKE, Markus
42653 Solingen (DE)**
• **KÜMMEL, Lutz
41363 J chen (DE)**
• **SOMMERS, Ulrich
40627 D sseldorf (DE)**
• **LHOEST, Alexandre
4700 Eupen (BE)**

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

(56) Entgegenhaltungen:
EP-B1- 2 742 158 US-A- 5 673 368

- **YAHIRO K ET AL: "DEVELOPMENT OF STRIP TEMPERATURE CONTROL SYSTEM FOR A CONTINUOUS ANNEALING LINE", PLENARY SESSION, EMERGING TECHNOLOGIES, AND FACTORY AUTOMATION. MAUI, NOV. 15 - 19, 1993; [PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, CONTROL, AND INSTRUMENTATION (IECON)], NEW YORK, IEEE, US, Bd. 1, 15. November 1993 (1993-11-15), Seiten 481-486, XP000451844,**
- **VALLEE G ET AL: "LIGNE DE RECUIT TOUT ASYNCHRONE POUR UGINE GUEUGNON", REVUE DE METALLURGIE - CAHIERS D'INFORMATIONS TECHNIQUES, REVUE DE METALLURGIE. PARIS, FR, Bd. 90, Nr. 6, 1. Juni 1993 (1993-06-01), Seiten 843-847, XP000393745, ISSN: 0035-1563**
- **SMITH M A ET AL: "APPLICATION OF DISTRIBUTED CONTROL ON UPI'S KM/CAL", AISE STEEL TECHNOLOGY, AISE, PITTSBURG, PA, US, Bd. 70, Nr. 6, 1. Juni 1993 (1993-06-01), Seiten 17-22, XP000387767, ISSN: 0021-1559**

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 3 642 372 B1

Beschreibung

[0001] Die in dem EP - Patent EP 2 742 158 B1 beanspruchte Regelung der Materialeigenschaft eines Metallbandes auf eine gewünschte Soll-Materialeigenschaft inklusive einer Simulation von Ist-Materialeigenschaften eines Metallbandes mit Hilfe eines computergestützten Modells erfordert viel Rechnerleistung und Rechenzeit. Die Regelung erfolgt durch eine interaktive Modifikation von Prozessparametern, Temperatur und/oder Geschwindigkeit so, dass sich daraus die gewünschten Materialeigenschaften für das Metallband ergeben. Die erhöhte Rechenzeit ist nachteilig, weil sie in einer Reduktion der möglichen Berechnungsfälle bzw. Iterationsschritte resultiert.

[0002] Der Aufsatz Yahiro K et al: "Development of strip temperature control system for a continuous annealing line", Plenary Session, Emerging Technologies, and Factory Automation. MAUI, Nov. 15 - 19, 1993; [Proceedings of the International Conference on Industrial Electronics, Control, and Instrumentation (IECON)], New York, IEEE, Us, Bd. 1, 15. November 1993 (1993-11-15, Seiten 481 - 486, XP000451844 offenbart ein Verfahren zum Betreiben eines Glühofens zum Glühen eines Metallbandes mit folgenden Schritten: Gemäß Patentanspruch 1: Vorgeben mindestens einer gewünschten Soll-Materialeigenschaft, die einen Punkt oder einen Abschnitt des Metallbandes aufweisen soll nach Durchlaufen des Glühofens; Bereitstellen von mindestens einer Information (E) über das Metallband vor oder in dem Glühofen; Berechnen einer Soll-Temperaturverteilung und/oder einer Soll-Geschwindigkeit des Metallbandes in dem Glühofen mit Hilfe eines computergestützten Modells in Abhängigkeit der gewünschten Soll-Materialeigenschaft und der Information über das Metallband; und Einstellen der Soll-Temperaturverteilung und/oder der Soll-Geschwindigkeit des Metallbandes in dem Glühofen mit Hilfe einer Ofensteuerung als Stellglied.

[0003] Der Aufsatz von Vallee G et al: "Ligne de recuit tout asynchrone pour uGINE gueugnon", Revue de Metallurgie - Cahiers d'Informations Techniques, Revue de Metallurgie. Paris, FR, Bd. 90, Nr. 6, 1. Juni 1993 (1993-06-01), Seiten 843-847, XP000393745, ISSN: 0035-1563 offenbart ein ähnliches Verfahren wie der zuvor erwähnte Aufsatz von Yahiro, wobei jedoch die Eigenschaften des zu behandelnden Metallbandes und die tatsächlichen Eigenschaften des Verfahrens in einem Modell verwendet werden, um die für den Ofen zu verwendende Geschwindigkeit und Temperatur zu bestimmen.

[0004] Die US-Patentanmeldung US 5, 673 368 A offenbart ebenfalls ein Verfahren zu Betreiben eines Glühofens unter Verwendung eines computergestützten Modells. Dieses Modell wird gemäß der US-Patentanmeldung nach einem vollständigen Wärmebehandlungszyklus jeweils angepasst.

[0005] Der Aufsatz von Smith M A et al: "Application of distributed control on UPI'S KM/CAL", Aise Steel Tech-

nology, Aise, Pittsburg, PA, US, Bd. 70, Nr. 6, 1 Juni 1993 (1993-06-01), Seiten 17-22, XP000387767, ISSN: 0021-1559 offenbart ein Verfahren zum Betreiben eines Glühofens zum Glühen eines Metallbandes gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein bekanntes Verfahren zum Betreiben eines Glühofens zum Glühen eines Metallbandes im Hinblick auf eine Verbesserung der Produktqualität und eine Erhöhung der Ausbringung weiterzubilden.

[0007] Diese Aufgabe wird durch das im Patentanspruch 1 beanspruchte Verfahren gelöst.

[0008] Das gemäß Anspruch 1 beanspruchte Verfahren stellt eine Steuerung, aber keine Regelung dar. Im Rahmen dieser Steuerung erfolgt die Berechnung und Vorgabe einer Soll-Temperaturverteilung und / oder einer Soll-Geschwindigkeit des Metallbandes in dem Glühofen so, dass das Metallband nach Verlassen des Glühofens eine gewünschte Soll-Materialeigenschaft aufweist. Das Vorliegen dieser gewünschten Soll-Materialeigenschaft wird im Rahmen des in Anspruch 1 beanspruchten Verfahrens - anders als bei einer Regelung - nicht überwacht; insbesondere erfolgt kein Vergleich der gewünschten Soll-Materialeigenschaft mit einer gemessenen Ist-Materialeigenschaft des Metallbandes hinter dem Ausgang der Glühe zwecks Bildung einer Materialeigenschaft-Regeldifferenz und es erfolgt keine Regelung dieser Regeldifferenz auf Null.

[0009] Der Begriff "Temperaturverteilung" bezieht sich streng genommen jeweils auf einen Abschnitt des Metallbandes. Im Sinne der vorliegenden Beschreibung impliziert der Begriff "Temperaturverteilung" jedoch auch einen singulären Temperaturwert an einer bestimmten Stelle des Metallbandes.

[0010] Der Begriff "Glühofen" im Sinne der vorliegenden Beschreibung schließt neben Heizeinrichtungen auch die Heizeinrichtungen in Durchlaufrichtung nachgelagerte Kühleinrichtungen mit ein.

[0011] Die Berechnung und Vorgabe einer Soll-Temperaturverteilung und / oder einer Soll-Geschwindigkeit des Metallbandes in dem Glühofen ist weniger rechenzeitintensiv als die Simulation von Materialeigenschaften. Außerdem erfolgt im Rahmen der beanspruchten Steuerung keine Rückkopplung einer Prozessgröße. Insgesamt ist damit eine Erhöhung der Ausbringung möglich.

[0012] Das beanspruchte Verfahren ist ausgebildet, eine gewünschte Selbst-Korrektur bzw. Selbst-Adaption auszuführen. Zu diesem Zweck wird die Ist-Materialeigenschaft des Metallbandes nach Durchlauf durch den Glühofen gemessen, und es werden eine Vergleichs-Temperaturverteilung und / oder eine Vergleichs-Geschwindigkeit des Metallbandes in dem Glühofen mit Hilfe des computergestützten Modells des Glühofens in Abhängigkeit der gemessenen Ist-Materialeigenschaft und bereitgestellter Informationen über das Metallband vor oder in dem Glühofen berechnet. Es erfolgt dann eine Anpassung der Temperaturverteilung und / oder der Ge-

schwindigkeit des Metallbandes in dem Glühofen an die zuvor ermittelte Vergleichs-Temperaturverteilung und / oder die Vergleichsgeschwindigkeit durch geeignetes Adaptieren des computergestützten Modells.

[0013] Anders ausgedrückt: Im Rahmen der Selbst-Korrektur bzw. Selbst-Adaption ist vorgesehen, das Verfahren nach Anspruch 1 zur Vorgabe einer Temperaturverteilung und / oder der Geschwindigkeit des Metallbandes in dem Glühofen durchzuführen mit dem einzigen Unterschied, dass dem Computermodell anstelle der Soll-Materialeigenschaft die tatsächlich gemessene Materialeigenschaft des Metallbandes nach Durchlauf durch den Glühofen als Eingangsgröße zugeführt wird. Zur besseren begrifflichen Unterscheidung werden in diesem Fall die Ausgangsgrößen des computergestützten Modells Vergleichsgrößen genannt, hier konkret die Vergleichs-Temperaturverteilung und / oder die Vergleichs-Geschwindigkeit. Die tatsächliche Temperaturverteilung und / oder die tatsächliche Geschwindigkeit des Metallbandes im Glühofen werden als Ist-Größen erfasst und mit den zuvor berechneten Vergleichsgrößen verglichen. Aus diesem Vergleich kann eine Abweichung ungleich Null für die Temperaturverteilung und / oder für die Geschwindigkeit des Metallbandes in dem Glühofen resultieren. In einer Adaptionwert-Berechnungseinheit wird dann nachfolgend mindestens ein geeigneter Adaptionwert auf Basis der besagten Abweichungen berechnet. Das computergestützte Modell wird dann nachfolgend mit Hilfe des berechneten Adaptionwertes adaptiert. Das oben beschriebene erfindungsgemäße Verfahren zum Betreiben eines Glühofens wird dann für zukünftige Metallbänder vorzugsweise mit dem adaptierten computergestützten Modell durchgeführt. Daraus resultieren dann optimierte Soll-Temperaturverteilungen und / oder Soll-Geschwindigkeiten für das Metallband, die mit Hilfe einer Ofensteuerung als Stellglied in dem Glühofen eingestellt werden.

[0014] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann das computergestützte Modell z. B. mit einer Erfahrungsdatenbank oder mit einem statistischen Modell oder mit hinterlegten Glühkurven arbeiten und ist daher für jede Stahlsorte einsetzbar. Gerade bei neu entwickelten Stahlsorten kann dieses Modell sofort eingesetzt werden. Im Unterschied zu einem physikalischen Modell, welches für jede neue Stahlsorte erst implementiert werden muss, ist das erfindungsgemäß verwendete statistische Modell einfacher zu generieren.

[0015] Gemäß einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel erfolgt das Adaptieren des computergestützten Modells nicht während des Durchlaufens desjenigen Metallbandes durch den Glühofen, auf Basis von dessen gemessener oder simulierter Ist-Materialeigenschaft die Berechnung des mindestens einen Adaptionwertes bzw. die Adaption des computergestützten Modells erfolgt war. Stattdessen erfolgt die Adaption vorzugsweise erst für zukünftig zu glühende Metallbänder.

[0016] Der Begriff "Materialeigenschaft des Metallbandes", egal ob Soll- oder Ist-Größe, meint im Rahmen der

vorliegenden Beschreibung beispielsweise die Streckgrenze, die Zugfestigkeit, die Bruchdehnung oder die Gleichmaßdehnung des Metallbandes nach dessen Durchlauf durch den Glühofen.

[0017] Der Begriff "Informationen über das Metallband" umfasst beispielsweise dessen Zugfestigkeit und / oder Streckgrenze vor einer Continuous Galvanising Line CGL, vor einer Continuous Annealing Line CAL, in einer Beizlinie oder vor einem Haspel. Die Information kann auch

- die Haspeltemperatur,
- die Endwalztemperatur des Metallbandes beim Auslauf aus einer Fertigstraße,
- die Eingangstemperatur der Bramme, aus dem das Metallband hervorgeht, am Eingang einer Fertigwalzstraße,
- die Bandgeschwindigkeit des Metallbandes beim Auslauf aus dem letzten Gerüst - der Fertigwalzstraße,
- die Walzkraft in einem Dressiergerüst,
- die Walzkraft beim Kaltwalzen,
- die Walzkraft beim Warmwalzen,
- die Eingangstemperatur der Bramme in einem Vorgerüst vor der Fertigwalzstraße,
- den Kaltwalzgrad,
- die Zusammensetzung des Werkstoffs, insbesondere des Stahls des Metallbandes, weiter insbesondere dessen Kohlenstoffanteil und / oder
- die Richtkraft am Flattener vor der CGL / CAL

meinen.

[0018] Diese Aufzählung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit; vielmehr können auch andere bzw. weitere Informationen dem erfindungsgemäßen computergestützten Modell als Eingangsgrößen zugeführt werden.

[0019] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0020] Der Beschreibung sind zwei Figuren beigelegt, wobei

Figur 1 das erfindungsgemäße Verfahren; und

Figur 2 die erfindungsgemäße Adaption des computergestützten Modells veranschaulicht.

[0021] Die Erfindung 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.

[0022] Figur 1 veranschaulicht das erfindungsgemäße Verfahren zum Betreiben eines Glühofens 200. In dem Glühofen 200 wird Metallband 100 gegläht, während es durch den Glühofen in Pfeilrichtung hindurchläuft. Kernelement des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die Be-

rechnung einer Soll-Temperaturverteilung T_{Soll} und / oder einer Soll-Geschwindigkeit V_{Soll} für das Metallband in dem Glühofen. Diese Berechnung erfolgt mit Hilfe eines computergestützten Modells 220 des Glühofens in Abhängigkeit einer vorgegebenen gewünschten Soll-Materialeigenschaft ME_{Soll} des Metallbandes sowie in Abhängigkeit von Informationen E über das Metallband. Die Informationen betreffen Eigenschaften des Metallbandes vor oder in dem Glühofen 200 oder sie betreffen Informationen über vorangegangene Bearbeitungsschritte bei der Herstellung des Metallbandes. Bezüglich einer weitergehenden Bedeutung der Begriffe "Materialeigenschaft" und "Information" sei an dieser Stelle auf die oben im allgemeinen Teil der Beschreibung gegebenen Definitionen dieser Begriffe verwiesen.

[0023] Nach erfolgter Berechnung der Soll-Temperaturverteilung T_{Soll} und / oder der Soll-Geschwindigkeit V_{Soll} durch das computergestützte Modell 220 werden die entsprechenden Werte an eine Ofensteuerung 230 als Stellglied ausgegeben und von dieser in dem Glühofen 200 realisiert bzw. eingestellt. Das besagte Einstellen der Soll-Temperaturverteilung und / oder der Soll-Geschwindigkeit V_{Soll} des Metallbandes in dem Glühofen erfolgt mit dem Ziel, die Ist-Materialeigenschaft ME_{Ist} des Metallbandes hinter dem Glühofen in die vorgegebene gewünschte Soll-Materialeigenschaft ME_{Soll} , ebenfalls hinter dem Glühofen, zu überführen.

[0024] Das Berechnen der Soll-Temperaturverteilung T_{Soll} und / oder der Soll-Geschwindigkeit V_{Soll} des Metallbandes in dem Glühofen erfolgt, solange sich noch mindestens ein Punkt oder ein Abschnitt des Metallbandes auf den sich die besagte Soll-Materialeigenschaft ME_{Soll} des Metallbandes bezieht, vor oder in dem Glühofen befindet.

[0025] Das computergestützte Modell 220 kann bei der Berechnung der Soll-Temperaturverteilung T_{Soll} in dem Glühofen 200 und / oder bei der Berechnung der Soll-Geschwindigkeit V_{Soll} , mit welcher das Metallband den Glühofen 200 durchläuft, auf eine Erfahrungsdatenbank, ein statistisches Modell und / oder auf hinterlegte Glühkurven zurückgreifen.

[0026] Um die Qualität des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Betreiben des Glühofens 200 stetig zu verbessern, sieht das erfindungsgemäße Verfahren optional eine gelegentliche Adaption des computergestützten Modells 220 vor, siehe Figur 2. Für diese Adaption sieht das erfindungsgemäße Verfahren folgende Teilschritte vor:

- Messen der Ist-Materialeigenschaft ME_{Ist} des Metallbandes 100 nach Durchlauf durch den Glühofen 200, siehe Figur 1. Die Messung erfolgt vorzugsweise an dem Punkt oder Abschnitt des Metallbandes, für den die gewünschte Soll-Materialeigenschaft vorgegeben wurde.
- Berechnen einer Vergleichstemperaturverteilung T_{Vgl} und / oder einer Vergleichsgeschwindigkeit V_{Vgl}

des Metallbandes 100 in dem Glühofen mit Hilfe des computergestützten Modells 220 in Abhängigkeit der gemessenen Ist-Materialeigenschaft ME_{Ist} des Metallbandes 100 und in Abhängigkeit der bereitgestellten Informationen E über das Metallband vor oder in dem Glühofen 200.

[0027] Die Vergleichstemperaturverteilung T_{Vgl} und Vergleichsgeschwindigkeit V_{Vgl} werden zwar mit demselben Computermodell 220 unter Berücksichtigung derselben Informationen E über das Metallband als erster Eingangsgröße berechnet wie die Soll-Temperaturverteilung und die Soll-Geschwindigkeit des Metallbandes in dem Glühofen gemäß Figur 1. Allerdings berücksichtigt das Computermodell 220 für die Berechnung der Vergleichsgrößen als zweite Eingangsgröße nicht die gewünschte Soll-Materialeigenschaft ME_{Soll} , sondern die tatsächlich hinter dem Glühofen gemessene Ist-Materialeigenschaft ME_{Ist} des Metallbandes. Die Temperaturverteilung und / oder die Geschwindigkeit des Metallbandes in dem Glühofen werden dann an die berechneten entsprechenden Vergleichsgrößen, d. h. die Vergleichstemperaturverteilung T_{Vgl} und / oder die Vergleichsgeschwindigkeit V_{Vgl} angepasst durch ein entsprechend geeignetes Adaptieren des computergestützten Modells 220.

[0028] Konkret umfasst die besagte Anpassung folgende Teilschritte; siehe Figur 2:

Die Ist-Temperaturverteilung T_{Ist} und / oder Ist-Geschwindigkeit V_{Ist} des Metallbandes 100 in dem Glühofen 200 wird/werden messtechnisch erfasst; siehe Figuren 1 und 2. Diese Messgrößen werden in einer Vergleichseinrichtung 250 mit den zuvor berechneten zugehörigen Vergleichsgrößen verglichen; d. h. es werden gegebenenfalls eine Temperaturabweichung ΔT und / oder eine Geschwindigkeitsabweichung ΔV ermittelt: $\Delta T = T_{\text{Vgl}} - T_{\text{Ist}}$, $\Delta V = V_{\text{Vgl}} - V_{\text{Ist}}$.

[0029] Zumindest eine dieser Abweichung findet Eingang in eine Adaptionwertberechnungseinrichtung 240, welche aus diesen Eingangsgrößen mindestens einen geeigneten Adaptionwert a zur Anpassung bzw. Adaption des computergestützten Modells 220 berechnet. Das computergestützte Modell 220 wird dann mit diesem Adaptionwert adaptiert. Diese Adaption des Computermodells 220 erfolgt erfindungsgemäß nicht während des Durchlaufens eines Metallbandes durch den Glühofen, sondern vorzugsweise immer erst nach dem Durchlaufen eines kompletten Metallbandes. Deshalb wirkt sich die Adaption des computergestützten Modells 220 erst auf zukünftige Metallbänder aus. Die Anpassung an die Vergleichsgröße erfolgt insofern extrem langsam. Vorteilhafterweise ermöglicht die Adaption und die dafür durchgeführte Messwerterfassung eine gute Dokumentation und damit auch einen schlüssigen Nachweis über die Produktionsbedingungen in der Vergangenheit; dies ist eine wertvolle Qualitätsdokumentation für Weiterverarbeiter.

[0030] Nach erfolgter Adaption des Computermodells

220 erfolgen zukünftige Berechnungen der Soll-Temperaturverteilung T_{Soll} und / oder der Soll-Geschwindigkeit V_{Soll} des Metallbandes mit Hilfe des adaptierten computergestützten Modells. Der Glühofen 200 wird dann mit den neu berechneten Soll-Werten für die Temperaturverteilung oder die Geschwindigkeitsverteilung betrieben.

Bezugszeichenliste

[0031]

100	Metallband	
200	Glühofen	
220	computergestütztes Modell	15
230	Ofensteuerung als Stellglied	
240	Adaptionswertberechnungseinrichtung	
E	Information über das Metallband	
ME_{Ist}	Ist-Materialeigenschaft des Metallbandes	20
ME_{Soll}	Soll-Materialeigenschaft des Metallbandes	
T_{Ist}	Ist-Temperaturverteilung des Metallbandes in dem Glühofen	
T_{Soll}	Soll-Temperaturverteilung des Metallbandes in dem Glühofen	25
T_{Vgl}	Vergleichstemperaturverteilung für das Metallband	
V_{Ist}	Ist-Geschwindigkeit des Metallbandes in dem Glühofen	
V_{Soll}	Soll-Geschwindigkeit des Metallbandes in dem Glühofen	30
V_{Vgl}	Vergleichsgeschwindigkeit für das Metallband in dem Glühofen	
ΔT	Temperaturabweichung	35
ΔV	Geschwindigkeitsabweichung	

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Glühofens (200) zum Glühen eines Metallbandes, aufweisend folgende Schritte:
 - Vorgeben mindestens einer gewünschten Soll-Materialeigenschaft (ME_{Soll}), wie z. B. der Streckgrenze, der Zugfestigkeit, der Bruchdehnung und / oder der Gleichmaßdehnung, die ein Punkt oder Abschnitt des Metallbandes (100) aufweisen soll nach Durchlaufen des Glühofens (200);
 - Bereitstellen von mindestens einer Information (E) über das Metallband vor oder in dem Glühofen (200);
 - Berechnen einer Soll-Temperaturverteilung (T_{Soll}) und/oder einer Soll-Geschwindigkeit (V_{Soll}) des Metallbandes (100) in dem Glühofen (200) mit Hilfe eines computergestützten Mo-

dells (220) in Abhängigkeit der gewünschten Soll-Materialeigenschaft (ME_{Soll}) und der Information (E) über das Metallband; und

- Einstellen der Soll-Temperaturverteilung (T_{Soll}) und/oder der Soll-Geschwindigkeit (V_{Soll}) des Metallbandes (100) in dem Glühofen (200) mit Hilfe einer Ofensteuerung (230) als Stellglied;

gekennzeichnet durch

Messen der Ist-Materialeigenschaft (ME_{Ist}) des Metallbandes (100) nach Durchlauf **durch** den Glühofen (200), vorzugsweise an dem Punkt oder Abschnitt des Metallbandes, für den die Soll-Materialeigenschaft vorgegeben wird;
Berechnen einer Vergleichstemperaturverteilung (T_{Vgl}) und/oder einer Vergleichsgeschwindigkeit (V_{Vgl}) des Metallbandes (100) in dem Glühofen (200) mit Hilfe des computergestützten Modells (220) in Abhängigkeit der gemessenen Ist-Materialeigenschaft (ME_{Ist}) nach dem Durchlauf und der bereitgestellten Information (E) über das Metallband vor oder in dem Glühofen (200); und Anpassen der Temperaturverteilung und/oder der Geschwindigkeit des Metallbandes (100) in dem Glühofen (200) an die Vergleichstemperaturverteilung (T_{Vgl}) und/oder die Vergleichsgeschwindigkeit (V_{Vgl}) **durch** geeignetes Adaptieren des computergestützten Modells, wobei das Adaptieren des computergestützten Modells erst nach Durchlaufen von mindestens dem gesamten Metallband, optional auch mehrerer Metallbänder **durch** den Glühofen (200) erfolgt;
dadurch gekennzeichnet,
dass der Schritt des Adaptierens des computergestützten Modells folgende Teilschritte umfasst:

Messen einer Ist-Temperaturverteilung (T_{Ist}) und/oder einer Ist-Geschwindigkeit (V_{Ist}) des Metallbandes (100) in dem Glühofen (200);
Vergleichen der Ist-Temperaturverteilung (T_{Ist}) mit der berechneten Vergleichstemperaturverteilung (T_{Vgl}) und Ermitteln einer Temperaturabweichung (ΔT); und/oder
Vergleichen der Ist-Geschwindigkeit (V_{Ist}) des Metallbandes (100) in dem Glühofen (200) mit der Vergleichsgeschwindigkeit (V_{Vgl}) und Ermitteln einer Geschwindigkeitsabweichung (ΔV);
Berechnen mindestens eines geeigneten Adaptionswertes (a) zur Anpassung des computergestützten Modells (220) auf Basis der Temperaturabweichung (ΔT) und/oder der Geschwindigkeitsabweichung (ΔV);
Adaptieren des computergestützten Modells (220) auf Basis des Adaptionswertes (a); und
erneutes Berechnen der Soll-Temperaturverteilung (T_{Soll}) und / oder der Soll-Geschwindigkeit (V_{Soll}) eines neuen Metallbandes (100) mit Hilfe

des adaptierten computergestützten Modells (220).

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Berechnen der Soll-Temperaturverteilung und / oder der Sollgeschwindigkeit des Metallbandes erfolgt, solange sich der mindestens eine Punkt oder Abschnitt des Metallbandes, auf den sich die gewünschte Soll-Materialeigenschaft (ME_{Soll}) des Metallbandes bezieht, noch vor oder in dem Glühofen (200) befindet. 5 10
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass das computergestützte Modell (220) bei der Berechnung der Soll-Temperaturverteilung (T_{Soll}) und/oder der Soll-Geschwindigkeit (V_{Soll}) auf eine Erfahrungsdatenbank, ein statistisches Modell oder auf hinterlegte Glühkurven zurückgreift. 15 20
4. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Ist-Materialeigenschaft des Metallbandes nach dem Durchlaufen des Metallbandes (100) durch den Glühofen direkt online oder an einer aus dem Metallband entnommenen Probe gemessen wird. 25
5. Verfahren nach Anspruch 1,
gekennzeichnet durch
Wiederholen der Schritte nach einem der vorangegangenen Ansprüche mit dem adaptierten computergestützten Modell beim Glühen eines zukünftigen Metallbandes (100). 30 35
6. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass es sich bei den Informationen (E) über das Metallband (100) vor oder in dem Glühofen (200) beispielsweise handelt um: 40
 - dessen Zugfestigkeit und / oder Streckgrenze vor einer Continuous Galvanising Line CGL vor einer Continuous Annealing Line CAL, in einer Beizlinie oder vor einem Haspel, 45
 - die Haspeltemperatur,
 - die Endwalztemperatur des Metallbandes beim Auslauf aus einer Fertigstraße, 50
 - die Eingangstemperatur der Bramme, aus welcher das Metallband hergestellt wird, am Eingang einer Fertigwalzstraße,
 - die Bandgeschwindigkeit des Metallbandes beim Auslauf aus dem letzten Gerüst der Fertigwalzstraße, 55
 - die Walzkraft in einem Dressiergerüst,
 - die Walzkräfte beim Kaltwalzen,

- die Walzkräfte beim Warmwalzen,
- die Eingangstemperatur der Bramme in ein Vorgerüst vor der Fertigwalzstraße,
- den Kaltwalzgrad,
- die Zusammensetzung des Werkstoffs, insbesondere des Stahls des Metallbandes, weiter insbesondere dessen Kohlenstoffanteil; und / oder
- die Richtkraft am Flattener vor der CGL / CAL.

Claims

1. Method of operating an annealing furnace (200) for annealing a metal strip, comprising the following steps:
 - predetermining at least one desired target material characteristic (ME_{Soll}), such as, for example, the yield point, the tensile strength, the elongation at fracture and/or the uniform elongation, which a point or section of the metal strip (100) is to have after transiting the annealing furnace (200);
 - providing at least one item of information (E) about the metal strip before or in the annealing furnace (200);
 - calculating a target temperature distribution (T_{Soll}) and/or a target speed (V_{Soll}) of the metal strip (100) in the annealing furnace (200) with the help of a computer-supported model (220) in dependence on the desired target material characteristic (ME_{Soll}) and the item of information (E) about the metal strip;
 - and
 - setting the target temperature distribution (T_{Soll}) and/or the target speed (V_{Soll}) of the metal strip (100) in the annealing furnace (200) with the help of a furnace control (230) as setting element;

characterised by

measuring the actual material characteristic (ME_{Ist}) of the metal strip (100) after transit through the annealing furnace (200), preferably at the point or section of the metal strip for which the target material characteristic is predetermined;
calculating a comparative temperature distribution (T_{Vgl}) and/or a comparative speed (V_{Vgl}) of the metal strip (100) in the annealing furnace (200) with the help of the computer supported model (220) in dependence on the measured actual material characteristic (ME_{Ist}) after the transit and the provided item of information (E) about the metal strip before or in the annealing furnace (200); and
adapting the temperature distribution and/or the speed of the metal strip (100) in the annealing furnace (200) to the comparative temperature distribu-

tion (T_{Vgl}) and/or the comparative speed (V_{Vgl}) by suitable adaptation of the computer-supported model, wherein the adaptation of the computer-supported model is carried out only after transit of at least the entire metal strip, optionally also several metal strips, through the annealing furnace (200);

characterised in that

the step of adaptation of the computer-supported model comprises the following substeps:

measuring an actual temperature distribution (T_{Ist}) and/or an actual speed (V_{Ist}) of the metal strip (100) in the annealing furnace (200);
 comparing the actual temperature distribution (T_{Ist}) with the calculated comparative temperature distribution (T_{Vgl}) and determining a temperature difference (ΔT);
 comparing the actual speed (V_{Ist}) of the metal strip (100) in the annealing furnace (200) with the comparative speed (V_{Vgl}) and determining a speed difference (ΔV);
 calculating at least one suitable adaptation value (a) for adaptation of the computer-supported model (220) on the basis of the temperature difference (ΔT) and/or the speed difference (ΔV);
 adapting the computer-supported model (220) on the basis of the adaptation value (a); and recalculation of the target temperature distribution (T_{Soll}) and/or the target speed (V_{Soll}) of a new metal strip (100) with the help of the adapted computer-supported model (220).

2. Method according to claim 1,

characterised in that

the calculation of the target temperature distribution and/or the target speed of the metal strip is carried out as long as the at least one point or section of the metal strip to which the desired target value characteristic (ME_{Soll}) of the metal strip relates is still in front of or in the annealing furnace (200).

3. Method according to claim 1 or 2,

characterised in that

for calculation of the target temperature distribution (T_{Soll}) and/or the target speed (V_{Soll}) the computer-supported model (220) has resort to an empirical databank, a statistical model or filed annealing plots.

4. Method according to claim 1,

characterised in that

the actual material characteristic of the metal strip is measured directly on-line or at a sample, which is removed from the metal strip, after the transit of the metal strip (100) through the annealing furnace.

5. Method according to claim 1,

characterised by

repetition of the steps according to any one of the

preceding claims with the adapted computer-supported model for the annealing of a future metal strip (100).

6. Method according to any one of the preceding claims,

characterised in that

the items of information (E) about the metal strip (100) before or in the annealing furnace (200) are, for example:

- the tensile strength and/or yield point thereof before a continuous galvanising line CGL, before a continuous annealing line CAL, in a pickling line or before a coiler,
- the coiler temperature,
- the final rolling temperature of the metal strip at the outlet of a finishing train,
- the entry temperature of the slab, from which the metal strip is produced, at the inlet of a finishing rolling train,
- the strip speed of the metal strip at the outlet from the last stand of the finishing rolling train,
- the rolling force in a finishing stand,
- the rolling forces during cold rolling,
- the rolling forces during hot rolling,
- the entry temperature of the slab into a roughing stand in front of the finishing rolling train,
- the degree of cold rolling,
- the composition of the material, particularly the steel of the metal strip, more particularly the carbon proportion thereof; and/or
- the straightening force at the flattener in front of the CGL / CAL.

Revendications

1. Procédé destiné à l'exploitation d'un four de recuit (200) destiné au recuit d'une bande métallique, qui présente les étapes suivantes dans lesquelles :

- on spécifie au moins une propriété matérielle de consigne désirée (ME_{Soll}), comme par exemple la limite apparente d'élasticité, la résistance à la traction, l'allongement à la rupture et/ou l'allongement uniformément réparti, que doit présenter un point ou un tronçon de la bande métallique (100) après le passage de cette dernière à travers le four de recuit (200) ;
- on met à disposition au moins une information (E) en ce qui concerne la bande métallique avant le four de recuit (200) ou dans ce dernier ;
- on calcule une distribution de température de consigne (T_{Soll}) et/ou une vitesse de consigne (V_{Soll}) de la bande métallique (100) dans le four de recuit (200) à l'aide d'un modèle assisté par ordinateur (220) en fonction de la propriété ma-

térielle de consigne désirée (ME_{Soll}) et de l'information (E) en ce qui concerne la bande métallique ; et

- on règle la distribution de température de consigne (T_{Soll}) et/ou la vitesse de consigne (V_{Soll}) de la bande métallique (100) dans le four de recuit (200) à l'aide d'une commande du four (230) à titre d'organe de réglage ;

caractérisé par le fait de

mesurer la propriété matérielle réelle (ME_{Ist}) de la bande métallique (100) après le passage de cette dernière à travers le four de recuit (200), de préférence au point ou sur le tronçon de la bande métallique pour lequel on spécifie la propriété matérielle de consigne ;

- on calcule une distribution de température de comparaison (T_{Vgl}) et/ou une vitesse de comparaison (V_{Vgl}) de la bande métallique (100) dans le four de recuit (200) à l'aide du modèle assisté par ordinateur (220) en fonction de la propriété matérielle réelle (ME_{Ist}) qui a été mesurée après le passage et en fonction de l'information qui a été mise à disposition (E) en ce qui concerne la bande métallique avant le four de recuit (200) ou dans ce dernier ; et

- on adapte la distribution de température et/ou la vitesse de la bande métallique (100) dans le four de recuit (200) à la distribution de température de comparaison (T_{Vgl}) et/ou à la vitesse de comparaison (V_{Vgl}) par l'intermédiaire d'une adaptation appropriée du modèle assisté par ordinateur ; dans lequel l'adaptation du modèle assisté par ordinateur n'a lieu qu'après le passage d'au moins la bande métallique dans son ensemble, de manière facultative également de plusieurs bandes métalliques à travers le four de recuit (200) ;

et par le fait que

l'étape de l'adaptation du modèle assisté par ordinateur comprend les étapes partielles suivantes dans lesquelles :

on mesure une distribution de température réelle (T_{Ist}) et/ou une vitesse réelle (V_{Ist}) de la bande métallique (100) dans le four de recuit (200) ;

on compare la distribution de température réelle (T_{Ist}) à la distribution de température de comparaison (T_{Vgl}) qui a été calculée et on détermine un écart de température (ΔT) ; et/ou

on compare la vitesse réelle (V_{Ist}) de la bande métallique (100) dans le four de recuit (200) à la vitesse de comparaison (V_{Vgl}) et on détermine un écart de vitesse (ΔV) ;

on calcule au moins une valeur d'adaptation appropriée (a) à des fins d'adaptation du modèle assisté par ordinateur (220) sur la base de l'écart de température (ΔT) et/ou de l'écart de vitesse

(ΔV) ;

on adapte le modèle assisté par ordinateur (220) sur la base de la valeur d'adaptation (a) ; et
on calcule une nouvelle fois la distribution de température de consigne (T_{Soll}) et/ou la vitesse de consigne (V_{Soll}) d'une nouvelle bande métallique (100) à l'aide du modèle assisté par ordinateur (220) qui a été adapté.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le calcul de la distribution de température de consigne et/ou de la vitesse de consigne de la bande métallique a lieu tant que ledit au moins un point ou ledit au moins un tronçon de la bande métallique, auquel se rapporte la propriété matérielle de consigne désirée (ME_{Soll}) de la bande métallique, se trouve encore avant le four de recuit (200) ou dans ce dernier.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le modèle assisté par ordinateur (220), au cours du calcul de la distribution de température de consigne (T_{Soll}) et/ou de la vitesse de consigne (V_{Soll}), se réfère à une banque de données d'expérience, à un modèle statistique ou à des courbes de recuit qui ont été déposées.

4. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'on mesure la propriété matérielle réelle de la bande métallique après le passage de la bande métallique (100) à travers le four de recuit, directement en ligne ou à partir d'un échantillon qui a été prélevé de la bande métallique.

5. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'on répète les étapes selon l'une quelconque des revendications précédentes avec le modèle assisté par ordinateur qui a été adapté lors du recuit d'une bande métallique future (100).

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**, en ce qui concerne les informations (E) qui ont été fournies en ce qui concerne la bande métallique (100) avant le four de recuit (200) ou dans ce dernier, il s'agit par exemple :

- de sa résistance à la traction et/ou de sa limite apparente d'élasticité avant une chaîne de galvanisation en continu CGL avant une chaîne de recuit en continu CAL, dans une chaîne de décapage ou avant une bobineuse ;
- de la température de la bobineuse ;
- de la température de laminage final de la bande métallique à la sortie d'un train finisseur ;
- de la température d'entrée de la brame, à partir de laquelle on fabrique la bande métallique, à l'entrée d'un train finisseur ;

- de la vitesse de la bande métallique à sa sortie de la dernière cage du train finisseur ;
- de la force de laminage dans une cage de dressage ;
- des forces de laminage au cours du laminage à froid ; 5
- des forces de laminage au cours du laminage à chaud ;
- de la température d'entrée de la brame dans une cage dégrossisseuse avant le train finisseur ; 10
- du degré de laminage à froid ;
- de la composition de la matière première, en particulier de l'acier de la bande métallique, de manière plus particulière de sa fraction de carbone ; et/ou 15
- de la force de dressage qu'exerce le dispositif d'aplanissage avant le CGL / CAL.

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

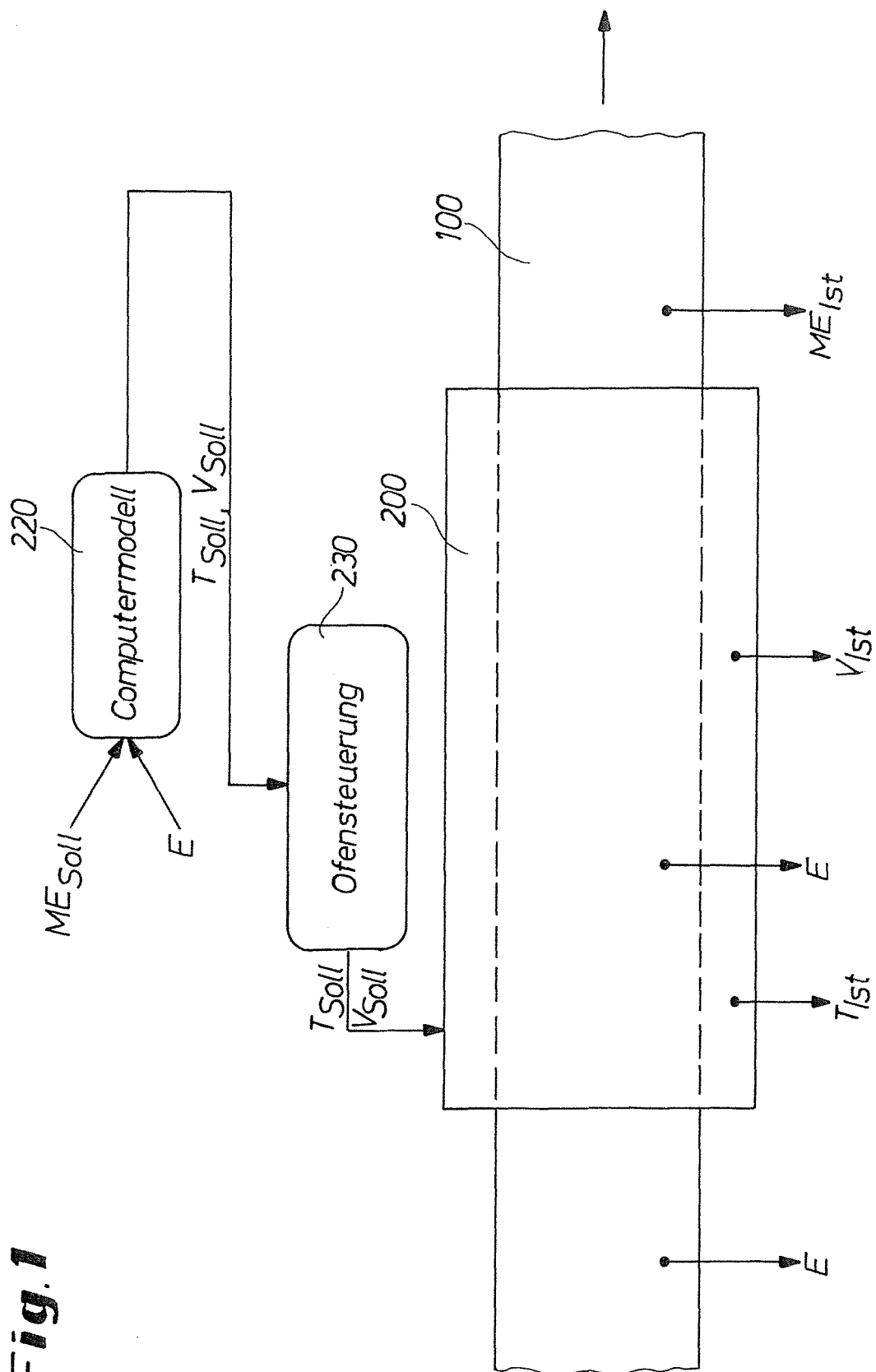
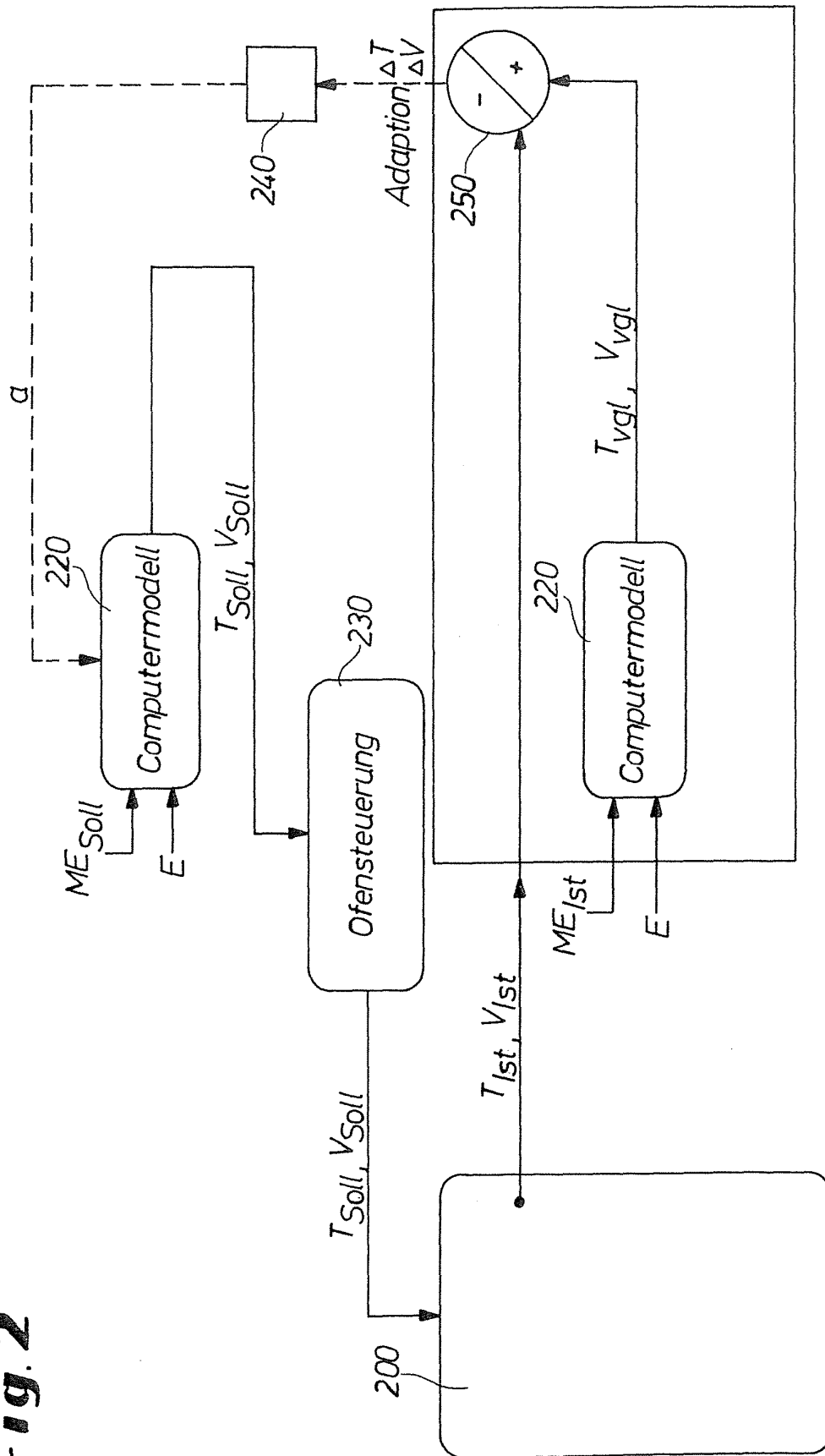


Fig. 2

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 Patentedokumente

- EP 2742158 B1 [0001]
- US 5673368 A [0004]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- Development of strip temperature control system for a continuous annealing line. **YAHIRO K et al.** Plenary Session, Emerging Technologies, and Factory Automation. MAUI, 15. November 1993 [0002]
- Proceedings of the International Conference on Industrial Electronics, Control, and Instrumentation (IECON). IEEE, 15. November 1993, vol. 1, 481-486 [0002]
- **VALLEE G et al.** Ligne de recuit tout asynchrone pour uGINE gueugnon. *Revue de Metallurgie - Cahiers d'Informations Techniques, Revue de Metallurgie*, 01. Juni 1993, vol. 90 (6), ISSN 0035-1563, 843-847 [0003]
- **SMITH M A et al.** Application of distributed control on UPI'S KM/CAL. *Aise Steel Technology, Aise*, 01. Juni 1993, vol. 70 (6), ISSN 0021-1559, 17-22 [0005]