

(19)



(11)

EP 4 492 916 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
15.01.2025 Patentblatt 2025/03

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
H05B 6/06 (2006.01) **H05B 6/10** (2006.01)
C21D 1/42 (2006.01) **C21D 9/60** (2006.01)
C21D 11/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **23184417.6**

(22) Anmeldetag: **10.07.2023**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
H05B 6/06; C21D 9/46; H05B 6/104

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
 Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
 Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(71) Anmelder:
 • **Primetals Technologies Austria GmbH**
4031 Linz (AT)
 • **ABP Induction Systems GmbH**
44147 Dortmund (DE)

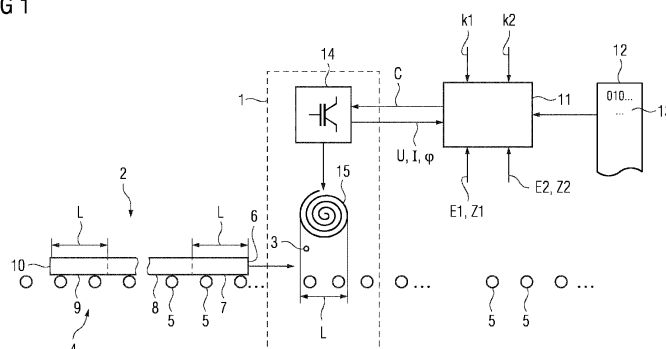
(72) Erfinder:
 • **Baumgartner, Kerstin**
4224 Wartberg ob der Aist (DE)
 • **Mohr, Markus**
44149 Dortmund (DE)
 • **Schwarz, Gero**
4800 Attnang (AT)
 • **Umbrasko, Andrej**
59439 Holzwickede (DE)
 • **Zahedi, Michael**
4502 St. Marien (AT)
 (74) Vertreter: **Metals@Linz**
Primetals Technologies Austria GmbH
Intellectual Property Upstream IP UP
Turmstraße 44
4031 Linz (AT)

(54) INDUKTIVES HEIZEN MIT UMSCHALTEN DER REGELUNGSART

(57) Ein langgestrecktes Walzgut (2) aus Metall wird mittels einer Transporteinrichtung (4) in einer Transportrichtung (x) durch einen Wirkbereich (3) eines induktiven Heizelements (1) gefördert, so dass zuerst ein Walzgutkopf (6), dann ein sich an den Walzgutkopf (6) anschließender Anfangsbereich (7), dann ein sich an den Anfangsbereich (7) anschließendes Mittelstück (8), dann ein sich an das Mittelstück (8) anschließender Abschlussbereich (9) und schließlich ein den Abschlussbereich (9) abschließender Walzgutfuß (10) in den Wirkbereich (3) einläuft und später wieder aus den Wirkbereich (3) ausläuft. Der Wirkbereich (3) ist derjenige Bereich, in dem das induktive Aufheizen erfolgt. Der Anfangsbereich (7),

das Mittelstück (8) und der Abschlussbereich (9) sind dadurch definiert, dass zu einem ersten Zeitpunkt (t1), zu dem der Walzgutkopf (6) aus dem Wirkbereich (3) ausläuft, der Übergang vom Anfangsbereich (7) zum Mittelstück (8) in den Wirkbereich (3) einläuft und zu einem zweiten Zeitpunkt (t2), zu dem der Walzgutfuß (10) in den Wirkbereich (3) einläuft, der Übergang vom Mittelstück (8) zum Abschlussbereich (9) aus dem Wirkbereich (3) ausläuft. Die Steuereinrichtung (11) betreibt das induktive Heizelement (1) vor dem ersten Zeitpunkt (t1) und nach dem zweiten Zeitpunkt (t2) gemäß einer Spannungsregelung und zwischen dem ersten und dem zweiten Zeitpunkt (t1, t2) gemäß einer Leistungsregelung.

FIG 1



Beschreibung

Gebiet der Technik

[0001] Die vorliegende Erfindung geht aus von einem Betriebsverfahren für eine induktive Heizeinrichtung zum Aufheizen eines langgestreckten Walzguts aus Metall,

- wobei das Walzgut mittels einer Transporteinrichtung der induktiven Heizeinrichtung in einer Transportrichtung durch einen Wirkbereich eines induktiven Heizelements der induktiven Heizeinrichtung gefördert wird, in dem das induktive Aufheizen erfolgt, so dass zuerst ein Walzgutkopf, dann ein sich an den Walzgutkopf anschließender Anfangsbereich, dann ein sich an den Anfangsbereich anschließendes Mittelstück, dann ein sich an das Mittelstück anschließender Abschlussbereich und schließlich ein den Abschlussbereich abschließender Walzgutfuß in den Wirkbereich einläuft und später wieder aus den Wirkbereich ausläuft,
- wobei der Anfangsbereich, das Mittelstück und der Abschlussbereich dadurch definiert sind, dass zu einem ersten Zeitpunkt, zu dem der Walzgutkopf aus dem Wirkbereich ausläuft, der Übergang vom Anfangsbereich zum Mittelstück in den Wirkbereich einläuft und zu einem zweiten Zeitpunkt, zu dem der Walzgutfuß in den Wirkbereich einläuft, der Übergang vom Mittelstück zum Abschlussbereich aus dem Wirkbereich ausläuft,
- wobei die Steuereinrichtung das induktive Heizelement vor dem ersten Zeitpunkt gemäß einer ersten Regelungsart betreibt, zwischen dem ersten und dem zweiten Zeitpunkt gemäß einer zweiten Regelungsart betreibt und ab dem zweiten Zeitpunkt wieder gemäß der ersten Regelungsart betreibt.

[0002] Mit dem Begriff "Regelungsart" ist - zumindest im Rahmen der vorliegenden Erfindung - nicht gemeint, dass lediglich der Wert des Sollwertes, auf den geregelt wird, sich ändert, dass also statt auf "3" nunmehr auf "5" geregelt wird. Es ist auch nicht gemeint, dass die Reglercharakteristik sich ändert, dass also beispielsweise von einer Proportionalregelung auf eine Proportional-Integral-Regelung umgeschaltet wird. Mit dem Begriff "Regelungsart" ist vielmehr gemeint, dass die technologische Größe, für die ein Sollwert vorgegeben wird, geändert wird.

[0003] Die vorliegende Erfindung geht weiterhin aus von einem Steuerprogramm für eine Steuereinrichtung einer induktiven Heizeinrichtung zum Aufheizen eines langgestreckten Walzguts aus Metall,

- wobei das Walzgut mittels einer Transporteinrichtung der induktiven Heizeinrichtung in einer Transportrichtung durch einen Wirkbereich eines induktiven Heizelements der induktiven Heizeinrichtung gefördert wird, in dem das induktive Aufheizen er-

folgt, so dass zuerst ein Walzgutkopf, dann ein sich an den Walzgutkopf anschließender Anfangsbereich, dann ein sich an den Anfangsbereich anschließendes Mittelstück, dann ein sich an das Mittelstück anschließender Abschlussbereich und schließlich ein den Abschlussbereich abschließender Walzgutfuß in den Wirkbereich einläuft und später wieder aus den Wirkbereich ausläuft,

- wobei der Anfangsbereich, das Mittelstück und der Abschlussbereich dadurch definiert sind, dass zu einem ersten Zeitpunkt, zu dem der Walzgutkopf aus dem Wirkbereich ausläuft, der Übergang vom Anfangsbereich zum Mittelstück in den Wirkbereich einläuft und zu einem zweiten Zeitpunkt, zu dem der Walzgutfuß in den Wirkbereich einläuft, der Übergang vom Mittelstück zum Abschlussbereich aus dem Wirkbereich ausläuft,
- wobei das Steuerprogramm Maschinencode umfasst,
- wobei die Abarbeitung des Maschinencodes durch die Steuereinrichtung bewirkt, dass die Steuereinrichtung das induktive Heizelement vor dem ersten Zeitpunkt und nach dem zweiten Zeitpunkt gemäß einer ersten Regelungsart betreibt und zwischen dem ersten und dem zweiten Zeitpunkt gemäß einer zweiten Regelungsart betreibt.

[0004] Die vorliegende Erfindung geht weiterhin aus von einer Steuereinrichtung einer induktiven Heizeinrichtung zum Aufheizen eines langgestreckten Walzguts aus Metall, wobei die Steuereinrichtung mit einem derartigen Steuerprogramm programmiert ist, so dass die Steuereinrichtung im Betrieb zumindest ein induktives Heizelement der induktiven Heizeinrichtung

- vor einem ersten Zeitpunkt, zu dem ein Walzgutkopf des langgestreckten Walzguts aus einem Wirkbereich des induktiven Heizelements ausläuft, und nach einem zweiten Zeitpunkt, zu dem ein Walzgutfuß des langgestreckten Walzguts in den Wirkbereich einläuft, gemäß einer ersten Regelungsart betreibt und
- zwischen dem ersten und dem zweiten Zeitpunkt gemäß einer zweiten Regelungsart betreibt.

[0005] Die vorliegende Erfindung geht weiterhin aus von einer induktiven Heizeinrichtung zum Aufheizen eines langgestreckten Walzguts aus Metall,

- wobei die induktive Heizeinrichtung ein induktives Heizelement mit einem Wirkbereich aufweist, in dem das induktive Aufheizen erfolgt,
- wobei die induktive Heizeinrichtung eine Transporteinrichtung aufweist, mittels derer das Walzgut in einer Transportrichtung durch den Wirkbereich förderbar ist, so dass zuerst ein Walzgutkopf, dann ein sich an den Walzgutkopf anschließender Anfangsbereich, dann ein sich an den Anfangsbereich an-

schließendes Mittelstück, dann ein sich an das Mittelstück anschließender Abschlussbereich und schließlich ein den Abschlussbereich abschließender Walzgutfuß in den Wirkbereich einläuft und später wieder aus den Wirkbereich ausläuft,

- wobei die induktive Heizeinrichtung eine derartige Steuereinrichtung aufweist, welche zumindest das induktive Heizelement steuert.

Stand der Technik

[0006] Ein derartiges Betriebsverfahren ist beispielsweise aus der US 3 610 861 A bekannt. Bei diesem Betriebsverfahren ist die erste Regelungsart eine Stromregelung, die zweite Regelungsart eine Spannungsregelung.

[0007] Aus der US 4 433 226 A ist ein Betriebsverfahren zum induktiven Aufheizen eines langgestreckten Produkts bekannt, bei dem das langgestreckte Produkt durch den Wirkbereich eines induktiven Heizelements einer induktiven Heizeinrichtung geführt wird und ein Energetisierungs-niveau, mit dem das induktive Heizelement betrieben wird, in Abhängigkeit vom Fortschritt des Transports des langgestreckten Produkts auf verschiedene Werte eingestellt wird.

Zusammenfassung der Erfindung

[0008] Bei der Produktion eines langgestreckten Walzguts werden oftmals induktive Heizelemente eingesetzt. Das Format des Walzguts kann hierbei von Fall zu Fall variieren. Es kann sich um ein flaches Walzgut (Bramme, Vorband, Band oder Grobblech), um ein Walzgut mit einem Knüppelquerschnitt (eckig oder rund) oder mit einem stabförmigen Querschnitt (ebenfalls eckig oder rund) handeln. Auch das Stadium des Produktionsfortschritts kann von Fall zu Fall variieren. Das Aufheizen kann - beispielsweise - zwischen Gießen und Vorwalzen, zwischen Vorwalzen und Fertigwalzen, vor dem Beizen, vor einem Beschichten usw. erfolgen. Das Aufheizen kann, je nach Lage des Einzelfalls, ausgehend von der Umgebungstemperatur oder ausgehend von einer deutlich höheren Temperatur erfolgen.

[0009] Beim induktiven Aufheizen wird das Walzgut im Wirkbereich des induktiven Heizelements mit einem magnetischen Wechselfeld beaufschlagt, das durch eine stromdurchflossene Spule erzeugt wird. Dadurch werden in dem Walzgut Wirbelströme generiert, die wiederum zu einer Erwärmung des Walzguts führen. Dadurch kann die Temperatur des Walzguts oder auch eine andere Eigenschaft wie beispielsweise das Gefüge oder eine Oberflächeneigenschaft nach Bedarf eingestellt werden. Die Spule kann nach Bedarf als Längsfeldmodul oder als Quersfeldmodul ausgebildet sein.

[0010] Beim induktiven Aufheizen sollen die gewünschten Zieleigenschaften möglichst genau angefahren werden.

[0011] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung be-

steht darin, Möglichkeiten zu schaffen, mittels derer genau dies ermöglicht wird.

[0012] Die Aufgabe wird durch ein Betriebsverfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Betriebsverfahrens sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche 2 bis 9.

[0013] Erfindungsgemäß wird ein Betriebsverfahren der eingangs genannten Art dadurch ausgestaltet, dass die erste Regelungsart eine Spannungsregelung ist und die zweite Regelungsart eine Leistungsregelung ist.

[0014] Vor dem ersten Zeitpunkt und nach dem zweiten Zeitpunkt wird auf eine Sollspannung geregelt. Zwischen dem ersten und dem zweiten Zeitpunkt wird auf eine Sollleistung geregelt. Die technologische Größe, auf die geregelt wird, ist also im einen Fall eine Spannung und im anderen Fall eine Leistung.

[0015] Die vorliegende Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass es zwar möglich ist, die erforderlichen Leistungswerte einzustellen, mit denen das induktive Heizelement zwischen dem ersten und dem zweiten Zeitpunkt angesteuert werden sollte. Vor dem ersten Zeitpunkt (also bis zu dem Zeitpunkt, zu dem der Walzgutkopf aus dem Wirkbereich ausläuft) und nach dem zweiten Zeitpunkt (also ab dem Zeitpunkt, zu dem der Walzgutfuß in den Wirkbereich einläuft) ist eine derartige Ansteuerung nicht oder nur sehr schwer möglich, weil das induktive Heizelement ohne im Wirkbereich befindlichen Abschnitt des Walzguts, also sozusagen im Leerlauf, mittels einer Leistungsregelung nur unzureichend geregelt werden kann. Dadurch ist vor dem ersten Zeitpunkt und nach dem zweiten Zeitpunkt eine andere Regelung des induktiven Heizelements erforderlich. Genau diese andere Regelung wird durch die Spannungsregelung realisiert.

[0016] Vorzugsweise ermittelt die Steuereinrichtung unter Verwertung von ersten tatsächlichen Eigenschaften, die das Mittelstück vor dem Einlaufen in den Wirkbereich aufweist, und ersten Zieleigenschaften, die das Mittelstück zu einem Zeitpunkt nach dem Auslaufen aus dem Wirkbereich aufweisen soll, eine erste Sollleistung für das induktive Heizelement und betreibt das induktive Heizelement zwischen dem ersten und dem zweiten Zeitpunkt derart, dass eine Istleistung des induktiven Heizelements so weit wie möglich der ersten Sollleistung entspricht. Die Ermittlung der ersten Sollleistung erfolgt derart, dass die ersten Zieleigenschaften möglichst gut erreicht werden. Dadurch wird gewährleistet, dass das Aufheizen des Mittelstücks wunschgemäß erfolgt.

[0017] Im einfachsten Fall ist die erste Sollleistung über die Länge des Mittelstücks konstant. Sofern die ersten tatsächlichen Eigenschaften und/oder die ersten Zieleigenschaften über die Länge des Mittelstücks variieren, kann jedoch auch die erste Sollleistung entsprechend variieren.

[0018] Die Istleistung kann in Einzelfällen eine Scheinleistung sein. Üblicherweise handelt es sich jedoch um eine Wirkleistung des induktiven Heizelements. Die

Wirkleistung kann - beispielsweise - anhand der Effektivwerte für die Spannung und den Strom und die Berücksichtigung des Phasenversatzes zwischen Spannung und Strom ermittelt werden.

[0019] Vorzugsweise ist vorgesehen, dass die Steuereinrichtung

- unter Verwertung von zweiten tatsächlichen Eigenschaften, die der Anfangsbereich vor dem Einlaufen in den Wirkbereich aufweist, und zweiten Zieleigenschaften, die der Anfangsbereich zu einem Zeitpunkt nach dem Auslaufen aus dem Wirkbereich aufweisen soll, eine zweite Sollleistung für das induktive Heizelement ermittelt,
- die zweite Sollleistung unter der Annahme ermittelt, dass sich der Anfangsbereich vollständig im Wirkbereich des induktiven Heizelements befindet, und
- ausgehend von der zweiten Sollleistung eine erste Sollspannung ermittelt und das induktive Heizelement vor dem ersten Zeitpunkt derart betreibt, dass eine Istspannung des induktiven Heizelements so weit wie möglich der ersten Sollspannung entspricht.

[0020] Dadurch kann gewährleistet werden, dass das Aufheizen des Anfangsbereichs wunschgemäß erfolgt.

[0021] Die zweiten tatsächlichen Eigenschaften können mit den ersten tatsächlichen Eigenschaften übereinstimmen. Alternativ kann es sich um von den ersten tatsächlichen Eigenschaften verschiedene Eigenschaften handeln. Gleiches gilt für das Verhältnis der zweiten Zieleigenschaften zu den ersten Zieleigenschaften.

[0022] Vorzugsweise ist die zweite Sollleistung diejenige Leistung, bei der die zweiten Zieleigenschaften möglichst gut erreicht werden. In diesem Fall ist es möglich, dass die Steuereinrichtung eine mit der zweiten Sollleistung korrespondierende vorläufige Sollspannung ermittelt und die erste Sollspannung durch Multiplizieren der vorläufigen Sollspannung mit einem ersten Anpassungsfaktor ermittelt. Alternativ ist es möglich, dass die Steuereinrichtung durch Multiplizieren der zweiten Sollleistung mit dem ersten Anpassungsfaktor eine finale Sollleistung ermittelt und die erste Sollspannung als mit der finalen Sollleistung korrespondierende Spannung ermittelt. Der erste Anpassungsfaktor weist einen Wert zwischen einem vorbestimmten ersten Minimalwert und einem vorbestimmten ersten Maximalwert auf. Der vorbestimmte erste Minimalwert liegt hierbei zwischen 0 und 1, der vorbestimmte erste Maximalwert bei mindestens 1.

[0023] Die vorstehend erläuterte Vorgehensweise umfasst auch den Fall, dass der erste Anpassungsfaktor exakt den Wert 1 aufweist. In diesem Fall ist die jeweilige Multiplikation zu einer einfachen Übernahme des entsprechenden Wertes entartet und führen beide Alternativen zum gleichen Ergebnis.

[0024] Allgemein kann durch den ersten Anpassungsfaktor insbesondere in dem Fall, dass für die Ermittlung der zweiten Sollleistung nicht zweite tatsächliche Eigen-

schaften und zweite Zieleigenschaften separat vorgegeben werden, sondern die entsprechenden ersten Eigenschaften verwendet werden, eine rein tatsächlich oftmals gegebene Temperaturabweichung im Anfangsbereich kompensiert werden.

[0025] In der Regel liegt der vorbestimmte erste Minimalwert mindestens 0,5 und liegt der vorbestimmte erste Maximalwert maximal bei 1,5. Vorzugsweise liegt der vorbestimmte erste Minimalwert sogar mindestens bei 0,8 und liegt der vorbestimmte erste Maximalwert maximal bei 1,2.

[0026] Vorzugsweise ist vorgesehen, dass die Steuereinrichtung eine Betriebsspannung erfasst, mit welcher das induktive Heizelement unmittelbar vor dem zweiten Zeitpunkt betrieben wird, ausgehend von der erfassten Betriebsspannung eine zweite Sollspannung ermittelt und das induktive Heizelement ab dem zweiten Zeitpunkt derart betreibt, dass eine Istspannung des induktiven Heizelements so weit wie möglich der zweiten Sollspannung entspricht. Dadurch kann gewährleistet werden, dass das Aufheizen des Abschlussbereichs wunschgemäß erfolgt.

[0027] Die Betriebsspannung ist die Istspannung des induktiven Heizelements unmittelbar vor dem zweiten Zeitpunkt. Der Begriff "Betriebsspannung" wurde gewählt, um Verwechslungen mit der Istspannung zu anderen Zeitpunkten ausschließen zu können.

[0028] Vorzugsweise ermittelt die Steuereinrichtung die zweite Sollspannung durch Multiplizieren der Betriebsspannung mit einem zweiten Anpassungsfaktor, wobei der zweite Anpassungsfaktor einen Wert zwischen einem vorbestimmten zweiten Minimalwert zwischen 0 und 1 und einem vorbestimmten zweiten Maximalwert von mindestens 1 aufweist.

[0029] Durch den zweiten Anpassungsfaktor kann - analog zum ersten Anpassungsfaktor - eine rein tatsächlich oftmals gegebene Temperaturabweichung im Abschlussbereich kompensiert werden.

[0030] Analog zum ersten Anpassungsfaktor liegt in der Regel der vorbestimmte zweite Minimalwert mindestens 0,5 und liegt der vorbestimmte zweite Maximalwert maximal bei 1,5. Auch hier liegen die genannten Werte vorzugsweise mindestens bei 0,8 und maximal bei 1,2.

[0031] Die Aufgabe wird weiterhin durch ein Steuerprogramm mit den Merkmalen des Anspruchs 10 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Steuerprogramms sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche 11 und 12.

[0032] Erfindungsgemäß bewirkt die Abarbeitung des Maschinencodes durch die Steuereinrichtung, dass die erste Regelungsart eine Spannungsregelung ist und die zweite Regelungsart eine Leistungsregelung ist.

[0033] Die dadurch bewirkten Vorteile sind die gleichen wie bei dem vorstehend erläuterten Betriebsverfahren für die induktive Heizeinrichtung.

[0034] Vorzugsweise bewirkt die Abarbeitung des Maschinencodes durch die Steuereinrichtung, dass die Steuereinrichtung das induktive Heizelement gemäß einer der vorstehend in Verbindung mit dem Betriebsver-

fahren für die induktive Heizeinrichtung erläuterten vorteilhaften Ausgestaltungen betreibt. Die dadurch bewirkten Vorteile sind die gleichen wie vorstehend für das Betriebsverfahren erläutert.

[0035] Es ist möglich, dass die Steuereinrichtung ausschließlich das induktive Heizelement, aber nicht die Transporteinrichtung steuert. Vorzugsweise bewirkt die Abarbeitung des Maschinencodes durch die Steuereinrichtung jedoch auch, dass die Steuereinrichtung auch die Transporteinrichtung der induktiven Heizeinrichtung steuert. In diesem Fall betreibt die Steuereinrichtung die Transporteinrichtung derart, dass das Walzgut mittels der Transporteinrichtung in einer Transportrichtung durch den Wirkbereich des induktiven Heizelements gefördert wird, so dass zuerst der Walzgutkopf, dann der Anfangsbereich, dann das Mittelstück, dann der Abschlussbereich und schließlich der Walzgutfuß in den Wirkbereich einläuft und später wieder aus den Wirkbereich ausläuft.

[0036] Die Aufgabe wird weiterhin durch eine Steuereinrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 13 gelöst. Erfindungsgemäß ist die Steuereinrichtung mit einem erfindungsgemäßen Steuerprogramm programmiert, so dass die erste Regelungsart eine Spannungsregelung ist und die zweite Regelungsart eine Leistungsregelung ist.

[0037] Die Aufgabe wird weiterhin durch eine induktive Heizeinrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 14 gelöst. Erfindungsgemäß ist die Steuereinrichtung der induktiven Heizeinrichtung als erfindungsgemäße Steuereinrichtung ausgebildet.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0038] Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels, das im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert wird. Dabei zeigen:

FIG 1 eine induktive Heizeinrichtung,
FIG 2 ein Ablaufdiagramm,
FIG 3 ein Zeitdiagramm und
FIG 4 bis 9 Ablaufdiagramme.

Beschreibung der Ausführungsformen

[0039] Gemäß FIG 1 weist eine induktive Heizeinrichtung ein induktives Heizelement 1 auf. Mittels des induktiven Heizelements 1 soll ein langgestrecktes Walzgut 2 aus Metall induktiv aufgeheizt werden. Das Walzgut 2 besteht üblicherweise aus Stahl, kann aber auch aus einem anderen Metall bestehen, beispielsweise Aluminium. Das induktive Heizelement 1 kann nach Bedarf als Längsfeldmodul oder als Quersfeldmodul ausgebildet sein. Es weist einen Wirkbereich 3 auf. Der Wirkbereich

3 weist in einer Transportrichtung x gesehen eine wirksame Länge L auf. In dem Wirkbereich 3, also über die wirksame Länge L, erfolgt das induktive Aufheizen des Walzguts 2.

[0040] Die induktive Heizeinrichtung weist weiterhin eine Transporteinrichtung 4 auf. Mittels der Transporteinrichtung 4 wird das Walzgut 2 in einer Transportrichtung x durch den Wirkbereich 3 gefördert. Die Transporteinrichtung 4 kann beispielsweise eine Vielzahl von Transportrollen 5 umfassen, wobei zumindest einige der Transportrollen 5 angetrieben sind. Von den Transportrollen 5 sind in FIG 1 nur einige dargestellt und von den dargestellten Transportrollen 5 nur einige mit ihrem Bezugszeichen versehen.

[0041] Das Walzgut 2 weist einen Walzgutkopf 6 auf. Als Walzgutkopf 6 wird vorliegend diejenige Stirnseite des Walzguts 2 bezeichnet, die in Transportrichtung x gesehen vorne liegt, mit der also das Walzgut 2 zuerst in den Wirkbereich 3 einläuft und zuerst aus dem Wirkbereich 3 ausläuft. An den Walzgutkopf 6 schließt sich ein Anfangsbereich 7 des Walzguts 2 an. Der Anfangsbereich 7 ist im Ergebnis durch die wirksame Länge L des Wirkbereichs 3 bestimmt. Insbesondere stimmt die Länge des Anfangsbereichs 7 mit der wirksamen Länge L überein. An den Anfangsbereich 7 schließt sich ein Mittelstück 8 des Walzguts 2 an. Die Länge des Mittelstücks 8 kann nach Bedarf sein. Üblicherweise ist das Mittelstück 8 länger - meist sogar erheblich länger - als der Anfangsbereich 7. An das Mittelstück 8 wiederum schließt sich ein Abschlussbereich 9 an. Der Abschlussbereich 9 ist im Ergebnis - analog zum Anfangsbereich 7 - durch die wirksame Länge L des Wirkbereichs 3 bestimmt. Insbesondere stimmt die Länge des Abschlussbereichs 9 mit der wirksamen Länge L überein. Ganz am Ende des Walzguts 2 weist das Walzgut 2 einen Walzgutfuß 10 auf. Als Walzgutfuß 10 wird vorliegend diejenige Stirnseite des Walzguts 2 bezeichnet, die in Transportrichtung x gesehen hinten liegt, mit der also das Walzgut 2 zuletzt in den Wirkbereich 3 einläuft und zuletzt aus dem Wirkbereich 3 ausläuft.

[0042] Die induktive Heizeinrichtung weist weiterhin eine Steuereinrichtung 11 auf. Die Steuereinrichtung 11 steuert zumindest das induktive Heizelement 1. In vielen Fällen steuert die Steuereinrichtung 11 auch die Transporteinrichtung 4. Die Steuereinrichtung 11 ist mit einem Steuerprogramm 12 programmiert. Das Steuerprogramm 12 umfasst Maschinencode 13. Die Abarbeitung des Maschinencodes 13 durch die Steuereinrichtung 11 bewirkt, dass die Steuereinrichtung 11 das induktive Heizelement 1 und gegebenenfalls auch die Transporteinrichtung 4 gemäß einem Betriebsverfahren betreibt, das nachstehend in Verbindung mit FIG 2 näher erläutert wird.

[0043] Gemäß FIG 2 wird zunächst in einem Schritt S1 das Transportieren des Walzguts 2 gestartet. Der Schritt S1 kann von der Steuereinrichtung 11 im Rahmen der Abarbeitung des Maschinencodes 13 ausgeführt werden. Er kann jedoch auch anderweitig realisiert sein.

Aus diesem Grund ist der Schritt S1 in FIG 2 nur gestrichelt dargestellt. Der Transport des Walzguts 2 wird im Rahmen der weiteren Ausführung der Vorgehensweise von FIG 2 beibehalten.

[0044] Im Laufe des Transportierens des Walzguts 2 durchläuft nach und nach das gesamte Walzgut 2 den Wirkbereich 3. FIG 3 zeigt als Funktion der Zeit t verschiedene Zustände, die nacheinander angenommen werden. Die verschiedenen Zustände sind in FIG 3 entsprechend ihrer zeitlichen Abfolge übereinander dargestellt. Ganz oben ist der früheste Zustand dargestellt, ganz unten der späteste Zustand. Die Grenzen des Wirkbereichs 3 sind in FIG 3 durch vertikale gestrichelte Linien angedeutet.

[0045] Zunächst befindet sich das Walzgut 2 noch vollständig vor dem Wirkbereich 3. Zu einem anfänglichen Zeitpunkt t_A läuft der Walzgutkopf 6 in den Wirkbereich 3 ein, erreicht also den Anfang des Wirkbereichs 3. Aufgrund des weiteren Transportes durchläuft der Walzgutkopf 6 den Wirkbereich 3 und erreicht zu einem ersten Zeitpunkt t_1 das Ende des Wirkbereichs 3. Zum ersten Zeitpunkt t_1 läuft der Walzgutkopf 6 somit aus dem Wirkbereich 3 aus. Weiterhin befindet sich zu diesem Zeitpunkt - so ist der Anfangsbereich 7 definiert - der gesamte Anfangsbereich 7 und nur der Anfangsbereich 7 im Wirkbereich 3.

[0046] Das Walzgut 2 wird nun weiter durch den Wirkbereich 3 gefördert. Zu einem zweiten Zeitpunkt t_2 erreicht der Walzgutfuß 10 den Anfang des Wirkbereichs 3. Zum zweiten Zeitpunkt t_2 läuft also der Walzgutfuß 10 in den Wirkbereich 3 ein. Weiterhin befindet sich zu diesem Zeitpunkt - so ist der Abschlussbereich 9 definiert - der gesamte Abschlussbereich 9 und nur der Abschlussbereich 9 im Wirkbereich 3. Das Walzgut 2 wird jedoch weiter gefördert, so dass auch der Walzgutfuß 10 nach und nach den Wirkbereich 3 durchläuft und zu einem finalen Zeitpunkt t_F aus dem Wirkbereich 3 ausläuft. Zu einem noch späteren Zeitpunkt - in FIG 3 ganz unten dargestellt - befindet sich das Walzgut 2 vollständig hinter dem Wirkbereich 3.

[0047] Während des Transports des Walzguts 2 durch den Wirkbereich 3 betreibt die Steuereinrichtung 11 das induktive Heizelement 1 zunächst in einem Schritt S2 gemäß einer Spannungsregelung. Die Steuereinrichtung 11 ermittelt also Steuersignale C für das induktive Heizelement 1 derart, dass eine Istspannung U des induktiven Heizelements 1 auf eine erste Sollspannung $U1^*$ geregelt wird. Die Steuereinrichtung 11 betreibt das induktive Heizelement 1 somit zunächst derart, dass die Istspannung U so weit wie möglich der ersten Sollspannung $U1^*$ entspricht. Beispielsweise kann die Steuereinrichtung 11 Steuersignale C für einen Umrichter 14 des induktiven Heizelements 1 ermitteln, so dass über den Umrichter 14 an eine Induktionsspule 15 des induktiven Heizelements 1 eine auf die erste Sollspannung $U1^*$ geregelte Istspannung U angelegt wird.

[0048] Der genaue Zeitpunkt, zu dem mit der Ausführung des Schrittes S2 begonnen wird, ist von unterge-

ordneter Bedeutung. Er muss jedoch vor dem anfänglichen Zeitpunkt t_A liegen.

[0049] In einem Schritt S3 prüft die Steuereinrichtung 11, ob der erste Zeitpunkt t_1 erreicht ist, ob also der Walzgutkopf 6 gerade aus dem Wirkbereich 3 ausläuft. Für die Prüfung dieses Sachverhalts sind verschiedene Möglichkeiten gegeben. Beispielsweise kann der erste Zeitpunkt t_1 aufgrund einer üblichen Wegverfolgung ermittelt werden. Auch kann der erste Zeitpunkt t_1 aufgrund der Auswertung des Signals eines Detektors ermittelt werden, der die Anwesenheit bzw. Abwesenheit Metalls oder heißen Metalls detektiert. Derartige Detektoren (eine Lichtschranke oder ein sogenannter hot metal detector) sind Fachleuten allgemein bekannt. Weiterhin ist es möglich, das Frequenzverhalten der Induktionsspule 15 auszuwerten und so zu ermitteln, ob der erste Zeitpunkt t_1 erreicht ist. Auch derartige Auswertungen sind Fachleuten allgemein bekannt.

[0050] Ist der erste Zeitpunkt t_1 doch nicht erreicht, so geht die Steuereinrichtung 11 zum Schritt S2 zurück. Der Schritt S2 wird also immer wieder ausgeführt, bis der erste Zeitpunkt t_1 erreicht ist.

[0051] Ist der erste Zeitpunkt t_1 erreicht, so geht die Steuereinrichtung 11 zu einem Schritt S4 über. Im Schritt S4 betreibt die Steuereinrichtung 11 das induktive Heizelement 1 gemäß einer Leistungsregelung. Die Steuereinrichtung 11 ermittelt die Steuersignale C für das induktive Heizelement 1 also derart, dass eine Istleistung P des induktiven Heizelements 1 auf eine erste Sollleistung $P1^*$ geregelt wird. Es wird somit versucht, die Istleistung P des induktiven Heizelements 1 so einzustellen, dass sie so weit wie möglich der ersten Sollleistung $P1^*$ entspricht. Die Ansteuerung des induktiven Heizelements 1 mit den Steuersignalen C erfolgt analog zum Schritt S2.

[0052] In einem Schritt S5 prüft die Steuereinrichtung 11, ob der zweite Zeitpunkt t_2 erreicht ist, ob also der Walzgutfuß 10 gerade in den Wirkbereich 3 einläuft. Für die Prüfung dieses Sachverhalts sind vom Ansatz her die gleichen Möglichkeiten gegeben wie für die Prüfung des Schrittes S3.

[0053] Ist der zweite Zeitpunkt t_2 doch nicht erreicht, so geht die Steuereinrichtung 11 zum Schritt S4 zurück. Der Schritt S4 wird also immer wieder ausgeführt, bis der zweite Zeitpunkt t_2 erreicht ist.

[0054] Ist der zweite Zeitpunkt t_2 erreicht, so geht die Steuereinrichtung 11 zu einem Schritt S6 über. Im Schritt S6 betreibt die Steuereinrichtung 11 das induktive Heizelement 1 wieder gemäß einer Spannungsregelung. Die Steuereinrichtung 11 ermittelt also die Steuersignale C für das induktive Heizelement 1 derart, dass die Istspannung U des induktiven Heizelements 1 auf eine zweite Sollspannung $U2^*$ geregelt wird. Die Implementierung des Schrittes S6 ist völlig analog zur Implementierung des Schrittes S2.

[0055] In einem Schritt S7 prüft die Steuereinrichtung 11, ob die Spannungsregelung des Schrittes S6 beendet werden soll. Soll die Spannungsregelung noch nicht beendet werden, so geht die Steuereinrichtung 11 zum

Schritt S6 zurück. Der Schritt S6 wird also immer wieder ausgeführt, bis die Spannungsregelung beendet werden soll.

[0056] Der genaue Zeitpunkt, zu dem die Spannungsregelung beendet werden soll, ist von untergeordneter Bedeutung. Er muss jedoch nach dem finalen Zeitpunkt t_F liegen.

[0057] Soll die Spannungsregelung beendet werden, geht die Steuereinrichtung 11 zu einem Schritt S8 über, in dem sie die Spannungsregelung beendet.

[0058] Schließlich wird in einem Schritt S9 das Transportieren des Walzguts 2 beendet. Der Schritt S9 kann von der Steuereinrichtung 11 im Rahmen der Abarbeitung des Maschinencodes 13 ausgeführt werden. Er kann jedoch auch anderweitig realisiert sein. Aus diesem Grund ist der Schritt S9 in FIG 2 nur gestrichelt dargestellt. Die Zeitspanne, die zwischen der Ausführung der Schritte S8 und S9 liegt, kann nach Bedarf bestimmt sein. Sie ist im Rahmen der vorliegenden Erfindung von untergeordneter Bedeutung.

[0059] FIG 4 zeigt zwei mögliche Ausgestaltungen der Vorgehensweise von FIG 2. Die beiden Ausgestaltungen sind unabhängig voneinander realisierbar.

[0060] Im Rahmen der einen Ausgestaltung werden der Steuereinrichtung 11 gemäß FIG 4 in einem Schritt S11 erste tatsächliche Eigenschaften E1 und erste Zieleigenschaften Z1 bekannt. Die ersten tatsächlichen Eigenschaften E1 sind Eigenschaften, die das Mittelstück 8 vor dem Einlaufen in den Wirkbereich 3 aufweist. Beispiele derartiger Eigenschaften sind der Querschnitt, die Temperatur und die chemische Zusammensetzung des Mittelstücks 8. Die ersten Zieleigenschaften Z1 sind Eigenschaften, die das Mittelstück 8 zu einem Zeitpunkt nach dem Auslaufen aus dem Wirkbereich 3 aufweisen soll, beispielsweise unmittelbar nach dem Auslaufen aus dem Wirkbereich 3. Beispiele derartiger Eigenschaften sind die Temperatur und das Gefüge des Mittelstücks 8.

[0061] In einem Schritt S12 ermittelt die Steuereinrichtung 11 die erste Sollleistung $P1^*$. Die Ermittlung erfolgt unter Verwertung der ersten tatsächlichen Eigenschaften E1 und der ersten Zieleigenschaften Z1.

[0062] Die Schritte S11 und S12 werden von der Steuereinrichtung 11 in jedem Fall vor der erstmaligen Ausführung des Schrittes S4 ausgeführt. Meist werden sie sogar vor dem Schritt S2 und oftmals sogar vor dem Schritt S1 ausgeführt.

[0063] Die andere Ausgestaltung besteht in einer bevorzugten Art und Weise der Ermittlung der Istleistung P . Denn bevorzugt ist die Istleistung P eine Wirkleistung des induktiven Heizelements 1. Beispielsweise kann die Steuereinrichtung 11 in einem Schritt S16 die Istspannung U und den zugehörigen Iststrom I erfassen. Bei diesen beiden Werten U , I kann es sich um Effektivwerte handeln. Weiterhin kann die Steuereinrichtung 11 im Schritt S16 einen Phasenversatz φ zwischen der Istspannung U und dem Iststrom I erfassen. Sodann kann die Steuereinrichtung 11 in einem Schritt S17 die Istleistung P als Wirkleistung ermitteln, beispielsweise

durch Bildung des Produkts der Istspannung U , des Iststroms I und des Kosinus des Phasenversatzes φ .

[0064] Die übrigen in FIG 4 dargestellten Schritte wurden bereits in Verbindung mit FIG 2 erläutert.

[0065] FIG 5 zeigt eine weitere mögliche Ausgestaltung der Vorgehensweise von FIG 2. Diese Ausgestaltung ist nach Bedarf alternativ oder zusätzlich zu den Ausgestaltungen von FIG 4 realisierbar.

[0066] Zum einen werden der Steuereinrichtung 11 gemäß FIG 4 in einem Schritt S21 zweite tatsächliche Eigenschaften E2 und zweite Zieleigenschaften Z2 bekannt. Die zweiten tatsächlichen Eigenschaften E2 sind Eigenschaften, die der Anfangsbereich 7 vor dem Einlaufen in den Wirkbereich 3 aufweist. Es kann sich vom Ansatz her um zu den ersten tatsächlichen Eigenschaften E1 gleichartige Eigenschaften handeln. Die zweiten Zieleigenschaften Z2 sind Eigenschaften, die der Anfangsbereich 7 zu einem Zeitpunkt nach dem Auslaufen aus dem Wirkbereich 3 aufweisen soll, beispielsweise unmittelbar nach dem Auslaufen aus dem Wirkbereich 3. Es kann sich vom Ansatz her um zu den ersten Zieleigenschaften Z1 gleichartige Eigenschaften handeln.

[0067] In einem Schritt S22 ermittelt die Steuereinrichtung 11 eine zweite Sollleistung $P2^*$. Die Ermittlung erfolgt - analog zur Ermittlung der ersten Sollleistung $P1^*$ - unter Verwertung der zweiten tatsächlichen Eigenschaften E2 und der zweiten Zieleigenschaften Z2. Zusätzlich wird angenommen, dass sich der Anfangsbereich 7 vollständig im Wirkbereich 3 befindet, der Wirkbereich 3 also insbesondere in der Transportrichtung x gesehen vollständig gefüllt ist.

[0068] In einem Schritt S23 ermittelt die Steuereinrichtung 11, ausgehend von der zweiten Sollleistung $P2^*$, die erste Sollspannung $U1$.

[0069] Die Schritte S21 bis S23 werden von der Steuereinrichtung 11 in jedem Fall vor der erstmaligen Ausführung des Schrittes S2 ausgeführt. Meist werden sie sogar vor dem Schritt S2 und oftmals sogar vor dem Schritt S1 ausgeführt.

[0070] Die übrigen in FIG 5 dargestellten Schritte wurden bereits in Verbindung mit FIG 2 erläutert.

[0071] Die zweite Sollleistung $P2^*$ ist in der Regel diejenige Leistung, bei der die zweiten Zieleigenschaften Z2 möglichst gut erreicht werden. Die erste Sollspannung $U1^*$ ist in der Regel diejenige Spannung, die bei in Transportrichtung x gesehen vollständig mit dem Walzgut 2 gefülltem Wirkbereich 3 mit der zweiten Sollleistung $P2^*$ korrespondiert. Dennoch kann eine Korrektur erforderlich sein. Dies kann insbesondere dann der Fall sein, wenn die zweiten tatsächlichen Eigenschaften E2 und/oder die zweiten Zieleigenschaften Z2 nicht eigenständig vorgegeben werden, sondern implizit durch die Vorgabe der ersten tatsächlichen Eigenschaften E1 und/oder der ersten Zieleigenschaften Z1 bestimmt sind. In diesem Fall kann es erforderlich sein, den Schritt S23 gemäß FIG 6 oder gemäß FIG 7 zu modifizieren.

[0072] Gemäß FIG 6 ist der Schritt S23 dahingehend modifiziert, dass die Steuereinrichtung 11 zwar zunächst

eine mit der zweiten Sollleistung $P2^*$ korrespondierende Sollspannung U^* ermittelt. Dieser Wert entspricht jedoch noch nicht der ersten Sollspannung $U1^*$, sondern ist nur vorläufig. Die vorläufige Sollspannung U^* wird noch mit einem ersten Anpassungsfaktor $k1$ multipliziert. Der erste Anpassungsfaktor $k1$ kann der Steuereinrichtung 11 von außen vorgegeben werden, beispielsweise von einer Bedienperson (nicht dargestellt).

[0073] Der erste Anpassungsfaktor $k1$ weist einen Wert zwischen einem vorbestimmten ersten Minimalwert zwischen 0 und 1 und einem vorbestimmten ersten Maximalwert von mindestens 1 auf. Damit ist gemeint, dass die möglichen Vorgaben für den ersten Anpassungsfaktor $k1$ auf den Wertebereich zwischen dem ersten Minimalwert und dem ersten Maximalwert beschränkt sind. Eine Vorgabe außerhalb dieses Wertebereichs ist also nicht möglich.

[0074] Meist liegt der vorbestimmte erste Minimalwert entsprechend der Darstellung in FIG 6 bei 0,5 oder darüber, beispielsweise bei mindestens 0,8. In analoger Weise liegt der vorbestimmte erste Maximalwert meist bei 1,5 oder darunter, beispielsweise bei maximal 1,2.

[0075] Die Ausgestaltung gemäß FIG 7 ist ähnlich zu der Ausgestaltung von FIG 6. Gemäß FIG 7 ist der Schritt S23 dahingehend modifiziert, dass die Steuereinrichtung 11 zwar zunächst die zweite Sollleistung $P2^*$ ermittelt, sodann jedoch die zweite Sollleistung $P2^*$ mit dem ersten Anpassungsfaktor $k1$ multipliziert. Erst dieser Wert - nachfolgend als finale Sollleistung P^* bezeichnet - dient als Grundlage für die Ermittlung der ersten Sollspannung $U1$. Die ermittelte erste Sollspannung $U1$ ist die mit der finalen Sollleistung P^* korrespondierende Spannung.

[0076] FIG 8 zeigt eine weitere mögliche Ausgestaltung der Vorgehensweise von FIG 2. Diese Ausgestaltung ist nach Bedarf alternativ oder zusätzlich zu den Ausgestaltungen von FIG 4 und/oder FIG 5 (einschließlich deren Ausgestaltungen) realisierbar.

[0077] Gemäß FIG 8 erfasst die Steuereinrichtung 11 in einem Schritt S31 die jeweilige Istspannung U . Der Schritt S31 wird in Verbindung mit dem Schritt S4 ausgeführt. Er kann beispielsweise Bestandteil des Schrittes S16 von FIG 4 sein. Die bei der letztmaligen Ausführung des Schrittes S31 erfasste Istspannung U wird nachstehend als Betriebsspannung bezeichnet und mit dem Bezugszeichen U' versehen. Der Schritt S31 von der Steuereinrichtung 11 unmittelbar vor oder unmittelbar nach dem Schritt S4 ausgeführt. Die Betriebsspannung U' ist somit diejenige Spannung, mit der das induktive Heizelement 1 unmittelbar vor dem zweiten Zeitpunkt $t2$ betrieben wird.

[0078] Weiterhin ermittelt die Steuereinrichtung 11, ausgehend von der erfassten Betriebsspannung U' , in einem Schritt S32 die zweite Sollspannung U^* . Im einfachsten Fall übernimmt die Steuereinrichtung 11 die Betriebsspannung U' als zweite Sollspannung $U2^*$. Unabhängig von der konkreten Vorgehensweise erfolgt die Ermittlung jedoch unmittelbar vor der erstmaligen Ausführung des Schrittes S6.

[0079] Die übrigen in FIG 8 dargestellten Schritte wurden bereits in Verbindung mit FIG 2 erläutert.

[0080] Analog zur ersten Sollspannung $U1^*$ kann es möglich sein, dass eine Korrektur erforderlich ist. In diesem Fall ist der Schritt S32 entsprechend der Darstellung in FIG 9 dahingehend modifiziert, dass die Steuereinrichtung 11 die zweite Sollspannung $U2^*$ durch Multiplizieren der Betriebsspannung U' mit einem zweiten Anpassungsfaktor $k2$ ermittelt. Für den zweiten Anpassungsfaktor $k2$ gelten die obigen Ausführungen zum ersten Anpassungsfaktor $k1$ in analoger Weise.

[0081] Die vorliegende Erfindung weist viele Vorteile auf. Insbesondere kann das Walzgut 2 auch im Anfangsbereich 7 und im Abschlussbereich 9 gezielter und gleichmäßiger erwärmt werden als dies im Stand der Technik möglich ist. Dadurch kann das Walzgut 2 nachfolgenden Bearbeitungsstationen (nicht dargestellt) in verbesserter Qualität zugeführt werden, so dass auch dort eine gleichmäßigere Bearbeitung möglich ist. Auch werden etwaige Probleme, die auf einer ungleichmäßigen Erwärmung beruhen könnten, vermieden. Es ist nicht nur möglich, die vorliegende Erfindung bei einer neu errichteten induktiven Heizeinrichtung zu realisieren. Es ist auch problemlos möglich, eine bereits bestehende induktive Heizeinrichtung des Standes der Technik auf erfindungsgemäße Art und Weise umzurüsten.

[0082] Obwohl die Erfindung im Detail durch die bevorzugten Ausführungsbeispiele näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzbereich der Erfindung zu verlassen.

Bezugszeichenliste

[0083]

1	Heizelement
2	Walzgut
3	Wirkbereich
4	Transporteinrichtung
5	Transportrollen
6	Walzgutkopf
7	Anfangsbereich
8	Mittelstück
9	Abschlussbereich
10	Walzgutfuß
11	Steuereinrichtung
12	Steuerprogramm
13	Maschinencode
14	Umrichter
15	Induktionsspule
C	Steuersignale
E1, E2	tatsächliche Eigenschaften
I	Iststrom

k1, k2	Anpassungsfaktoren
L	wirksame Länge
P	Istleistung
P*, P1*, P2*	Sollleistungen
S1 bis S32	Schritte
t	Zeit
tA, t1, t2, tF	Zeitpunkte
U	Istspannung
U'	Betriebsspannung
U*, U1*, U2*	Sollspannungen
x	Transportrichtung
Z1, Z2	Zieleigenschaften

φ Phasenversatz

Patentansprüche

1. Betriebsverfahren für eine induktive Heizeinrichtung zum Aufheizen eines langgestreckten Walzguts (2) aus Metall,

- wobei das Walzgut (2) mittels einer Transporteinrichtung (4) der induktiven Heizeinrichtung in einer Transportrichtung (x) durch einen Wirkbereich (3) eines induktiven Heizelements (1) der induktiven Heizeinrichtung gefördert wird, in dem das induktive Aufheizen erfolgt, so dass zuerst ein Walzgutkopf (6), dann ein sich an den Walzgutkopf (6) anschließender Anfangsbereich (7), dann ein sich an den Anfangsbereich (7) anschließendes Mittelstück (8), dann ein sich an das Mittelstück (8) anschließender Abschlussbereich (9) und schließlich ein den Abschlussbereich (9) abschließender Walzgutfuß (10) in den Wirkbereich (3) einläuft und später wieder aus den Wirkbereich (3) ausläuft,

- wobei der Anfangsbereich (7), das Mittelstück (8) und der Abschlussbereich (9) dadurch definiert sind, dass zu einem ersten Zeitpunkt (t1), zu dem der Walzgutkopf (6) aus dem Wirkbereich (3) ausläuft, der Übergang vom Anfangsbereich (7) zum Mittelstück (8) in den Wirkbereich (3) einläuft und zu einem zweiten Zeitpunkt (t2), zu dem der Walzgutfuß (10) in den Wirkbereich (3) einläuft, der Übergang vom Mittelstück (8) zum Abschlussbereich (9) aus dem Wirkbereich (3) ausläuft,

- wobei die Steuereinrichtung (11) das induktive Heizelement (1) vor dem ersten Zeitpunkt (t1) und nach dem zweiten Zeitpunkt (t2) gemäß einer Spannungsregelung betreibt und zwischen dem ersten und dem zweiten Zeitpunkt (t1, t2) gemäß einer Leistungsregelung betreibt.

2. Betriebsverfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Steuereinrichtung (11) unter Verwertung von ersten tatsächlichen Eigenschaften (E1), die

das Mittelstück (8) vor dem Einlaufen in den Wirkbereich (3) aufweist, und ersten Zieleigenschaften (Z1), die das Mittelstück (8) zu einem Zeitpunkt nach dem Auslaufen aus dem Wirkbereich (3) aufweisen soll, eine erste Sollleistung (P1*) für das induktive Heizelement (1) ermittelt und das induktive Heizelement (1) zwischen dem ersten und dem zweiten Zeitpunkt (t1, t2) derart betreibt, dass eine Istleistung (P) des induktiven Heizelements (1) so weit wie möglich der ersten Sollleistung (P1*) entspricht.

3. Betriebsverfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Istleistung (P) eine Wirkleistung des induktiven Heizelements (1) ist.

4. Betriebsverfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Steuereinrichtung (11)

- unter Verwertung von zweiten tatsächlichen Eigenschaften (E2), die der Anfangsbereich (7) vor dem Einlaufen in den Wirkbereich (3) aufweist, und zweiten Zieleigenschaften (Z2), die der Anfangsbereich (7) zu einem Zeitpunkt nach dem Auslaufen aus dem Wirkbereich (3) aufweisen soll, eine zweite Sollleistung (P2*) für das induktive Heizelement (1) ermittelt,
- die zweite Sollleistung (P2*) unter der Annahme ermittelt, dass sich der Anfangsbereich (7) vollständig im Wirkbereich (3) des induktiven Heizelements (1) befindet, und
- ausgehend von der zweiten Sollleistung (P2*) eine erste Sollspannung (U1*) ermittelt und das induktive Heizelement (1) vor dem ersten Zeitpunkt (t1) derart betreibt, dass eine Istspannung (U) des induktiven Heizelements (1) so weit wie möglich der ersten Sollspannung (U1*) entspricht.

5. Betriebsverfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**,

- **dass** die zweite Sollleistung (P2*) diejenige Leistung ist, bei der die zweiten Zieleigenschaften (Z2) möglichst gut erreicht werden,
- **dass** die Steuereinrichtung (11) eine mit der zweiten Sollleistung (P2*) korrespondierende vorläufige Sollspannung (U*) ermittelt und die erste Sollspannung (U1*) durch Multiplizieren der vorläufigen Sollspannung (U*) mit einem ersten Anpassungsfaktor (k1) ermittelt oder durch Multiplizieren der zweiten Sollleistung (P2*) mit dem ersten Anpassungsfaktor (k1) eine finale Sollleistung (P*) ermittelt und die erste Sollspannung (U1*) als mit der finalen Sollleistung (P*) korrespondierende Spannung ermittelt und

- **dass** der erste Anpassungsfaktor (k_1) einen Wert zwischen einem vorbestimmten ersten Minimalwert zwischen 0 und 1 und einem vorbestimmten ersten Maximalwert von mindestens 1 aufweist. 5
6. Betriebsverfahren nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass der vorbestimmte erste Minimalwert mindestens 0,5 liegt und der vorbestimmte erste Maximalwert maximal bei 1,5 liegt. 10
7. Betriebsverfahren nach einem der obigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, 15
dass die Steuereinrichtung (11) eine Betriebsspannung (U') erfasst, mit welcher das induktive Heizelement (1) unmittelbar vor dem zweiten Zeitpunkt (t_2) betrieben wird, ausgehend von der erfassten Betriebsspannung (U') eine zweite Sollspannung (U_2^*) ermittelt und das induktive Heizelement (1) ab dem zweiten Zeitpunkt (t_2) derart betreibt, dass eine Istspannung (U) des induktiven Heizelements (1) so weit wie möglich der zweiten Sollspannung (U_2^*) entspricht. 20 25
8. Betriebsverfahren nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Steuereinrichtung (11) die zweite Sollspannung (U_2^*) durch Multiplizieren der Betriebsspannung (U') mit einem zweiten Anpassungsfaktor (k_2) ermittelt und dass der zweite Anpassungsfaktor (k_2) einen Wert zwischen einem vorbestimmten zweiten Minimalwert zwischen 0 und 1 und einem vorbestimmten zweiten Maximalwert von mindestens 1 aufweist. 30 35
9. Betriebsverfahren nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass der vorbestimmte zweite Minimalwert (k_2) mindestens 0,5 liegt und der vorbestimmte zweite Maximalwert maximal bei 1,5 liegt. 40
10. Steuerprogramm für eine Steuereinrichtung (11) einer induktiven Heizeinrichtung zum Aufheizen eines langgestreckten Walzguts (2) aus Metall, 45

- wobei das Walzgut (2) mittels einer Transporteinrichtung (4) der induktiven Heizeinrichtung in einer Transportrichtung (x) durch einen Wirkbereich (3) eines induktiven Heizelements (1) der induktiven Heizeinrichtung gefördert wird, in dem das induktive Aufheizen erfolgt, so dass zuerst ein Walzgutkopf (6), dann ein sich an den Walzgutkopf (6) anschließender Anfangsbereich (7), dann ein sich an den Anfangsbereich (7) anschließendes Mittelstück (8), dann ein sich an das Mittelstück (8) anschließender Abschlussbereich (9) und schließlich ein den Abschlussbereich (9) abschließender Walzgutfuß (10) in den Wirkbereich (3) einläuft und später wieder aus den Wirkbereich (3) ausläuft,
- wobei der Anfangsbereich (7), das Mittelstück (8) und der Abschlussbereich (9) dadurch definiert sind, dass zu einem ersten Zeitpunkt (t_1), zu dem der Walzgutkopf (6) aus dem Wirkbereich (3) ausläuft, der Übergang vom Anfangsbereich (7) zum Mittelstück (8) in den Wirkbereich (3) einläuft und zu einem zweiten Zeitpunkt (t_2), zu dem der Walzgutfuß (10) in den Wirkbereich (3) einläuft, der Übergang vom Mittelstück (8) zum Abschlussbereich (9) aus dem Wirkbereich (3) ausläuft,
- wobei das Steuerprogramm Maschinencode (13) umfasst,
- wobei die Abarbeitung des Maschinencodes (13) durch die Steuereinrichtung (11) bewirkt, dass die Steuereinrichtung (11) das induktive Heizelement (1) vor dem ersten Zeitpunkt (t_1) und nach dem zweiten Zeitpunkt (t_2) gemäß einer Spannungsregelung betreibt und zwischen dem ersten und dem zweiten Zeitpunkt (t_1, t_2) gemäß einer Leistungsregelung betreibt.
11. Steuerprogramm nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Abarbeitung des Maschinencodes (13) durch die Steuereinrichtung (11) bewirkt, dass die Steuereinrichtung (11) das induktive Heizelement (1) gemäß den Merkmalen mindestens eines der Ansprüche 2 bis 9 betreibt.
12. Steuerprogramm nach Anspruch 10 oder 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Abarbeitung des Maschinencodes (13) durch die Steuereinrichtung (11) bewirkt, dass die Steuereinrichtung (11) auch die Transporteinrichtung (4) der induktiven Heizeinrichtung steuert und die Transporteinrichtung (4) derart betreibt, dass das Walzgut (2) mittels der Transporteinrichtung (4) in einer Transportrichtung (x) durch den Wirkbereich (3) des induktiven Heizelements (1) gefördert wird, so dass zuerst der Walzgutkopf (6), dann der Anfangsbereich (7), dann das Mittelstück (8), dann der Abschlussbereich (9) und schließlich der Walzgutfuß (10) in den Wirkbereich (3) einläuft und später wieder aus den Wirkbereich (3) ausläuft.
13. Steuereinrichtung (11) einer induktiven Heizeinrichtung zum Aufheizen eines langgestreckten Walzguts (2) aus Metall, wobei die Steuereinrichtung (11) mit einem Steuerprogramm nach Anspruch 10, 11 oder 12 programmiert ist, so dass die Steuereinrichtung (11) im Betrieb zumindest ein induktives Heizelement (1) der induktiven Heizeinrichtung 50 55

- vor einem ersten Zeitpunkt, zu dem ein Walzgutkopf (6) des langgestreckten Walzguts (2) aus einem Wirkbereich (3) des induktiven Heizelements (1) ausläuft, und nach einem zweiten Zeitpunkt, zu dem ein Walzgutfuß (10) des langgestreckten Walzguts (2) in den Wirkbereich (3) einläuft, gemäß einer Spannungsregelung betreibt und 5
- zwischen dem ersten und dem zweiten Zeitpunkt (t1, t2) gemäß einer Leistungsregelung betreibt. 10

14. Induktive Heizeinrichtung zum Aufheizen eines langgestreckten Walzguts (2) aus Metall,

- wobei die induktive Heizeinrichtung ein induktives Heizelement (1) mit einem Wirkbereich (3) aufweist, in dem das induktive Aufheizen erfolgt, 15
- wobei die induktive Heizeinrichtung eine Transporteinrichtung (4) aufweist, mittels derer das Walzgut (2) in einer Transportrichtung (x) durch den Wirkbereich (3) förderbar ist, so dass 20
- zuerst ein Walzgutkopf, dann ein sich an den Walzgutkopf (6) anschließender Anfangsbereich, dann ein sich an den Anfangsbereich (7) anschließendes Mittelstück (8), dann ein sich an das Mittelstück (8) anschließender Abschlussbereich (9) und schließlich ein den Abschlussbereich (9) abschließender Walzgutfuß (10) in den Wirkbereich (3) einläuft und später 25
- wieder aus den Wirkbereich (3) ausläuft, 30
- wobei die induktive Heizeinrichtung eine Steuereinrichtung (11) nach Anspruch 13 aufweist, welche zumindest das induktive Heizelement (1) steuert. 35

40

45

50

55

FIG 1

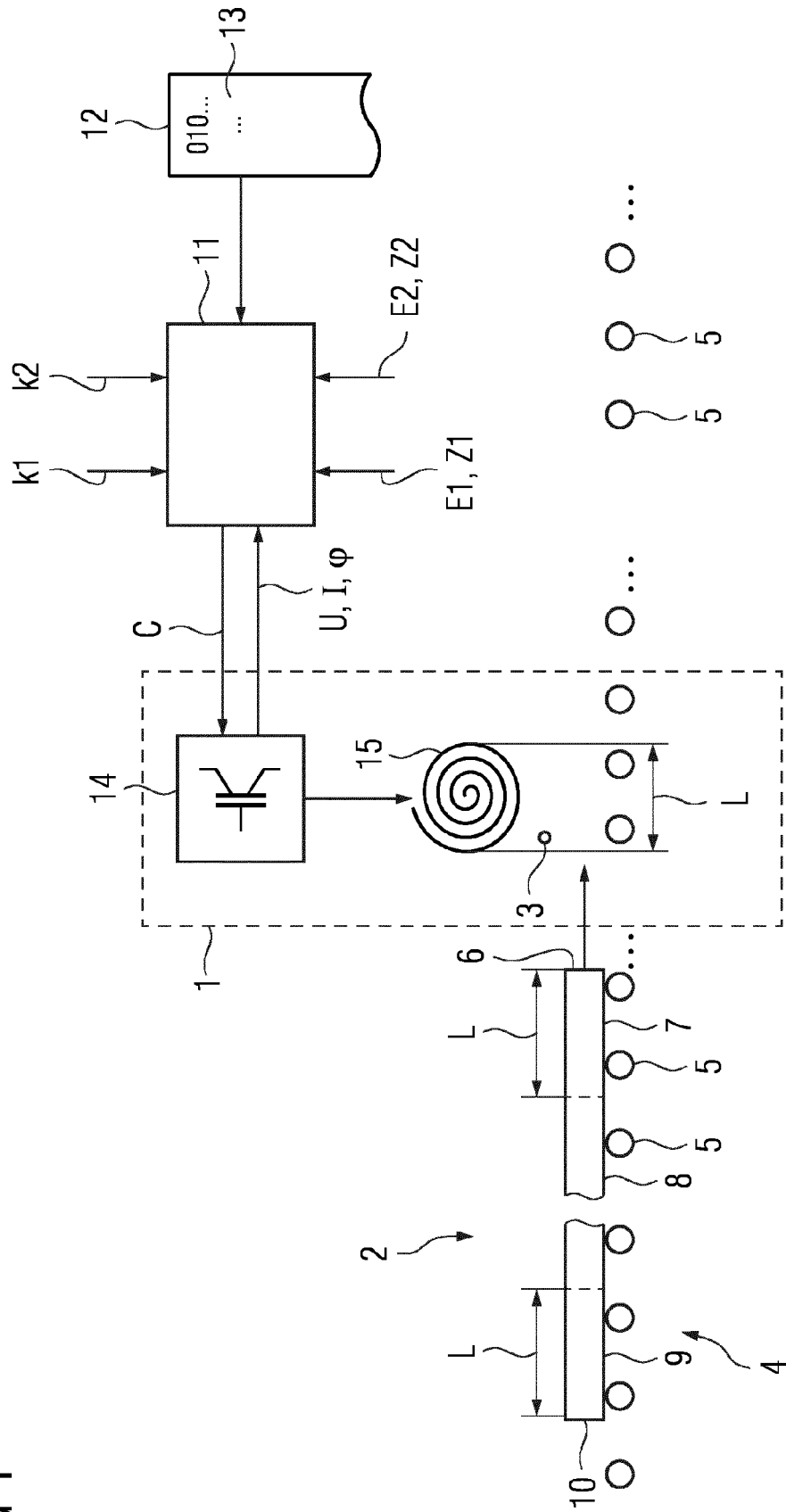


FIG 2

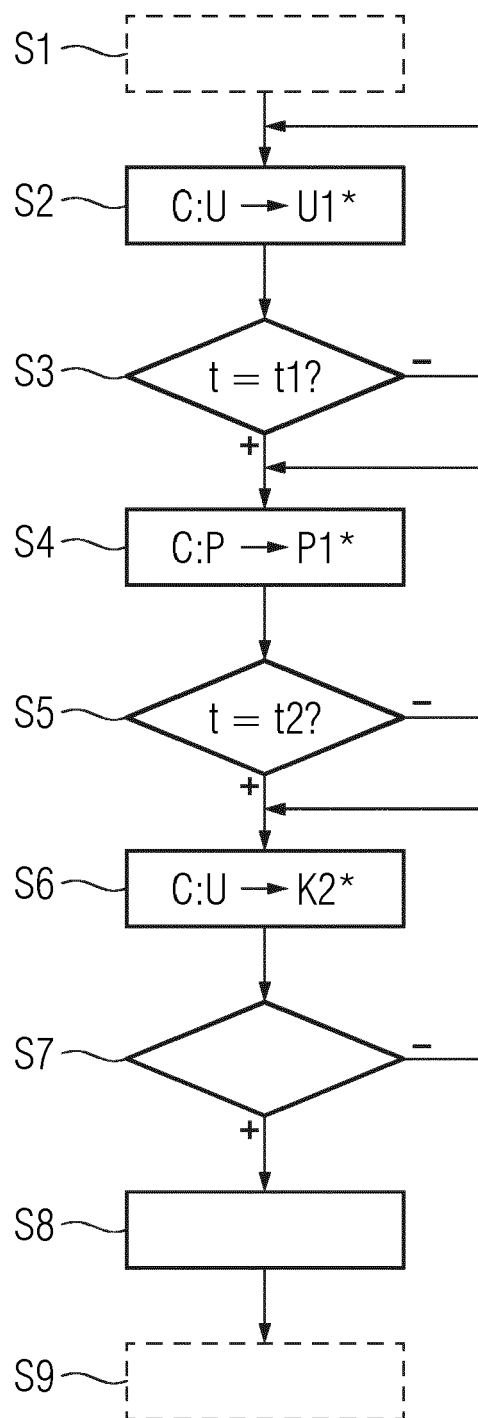


FIG 3

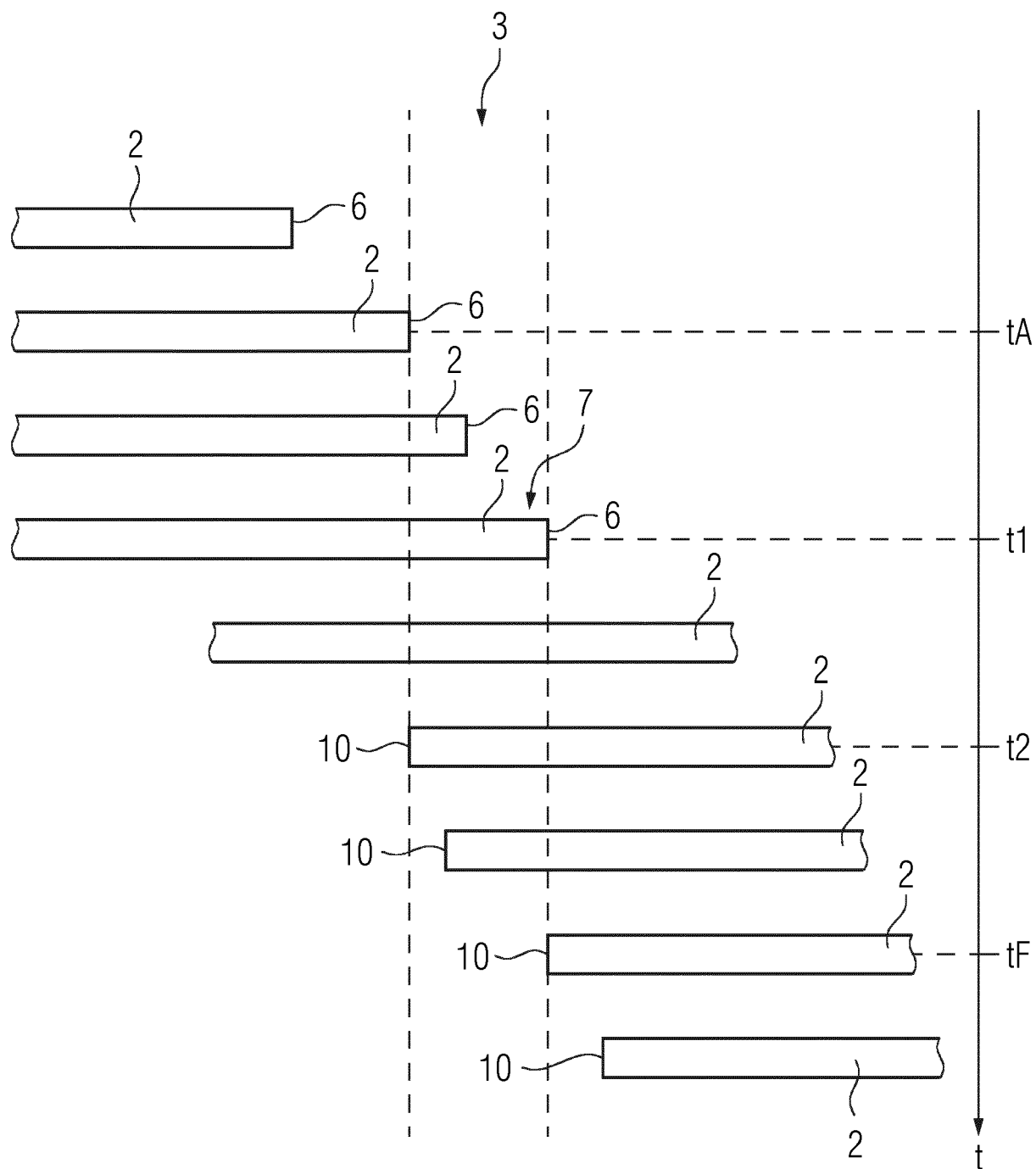


FIG 4

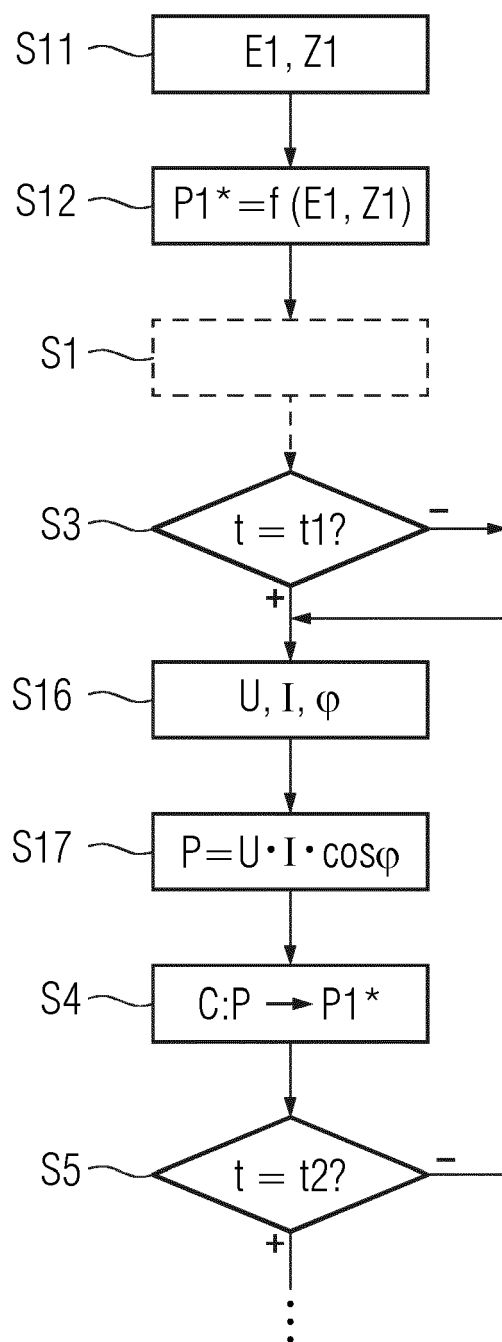


FIG 5

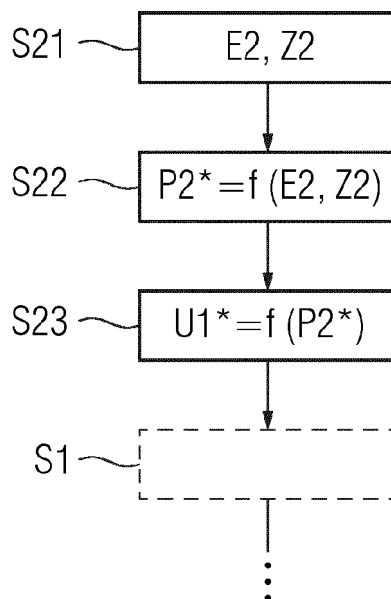


FIG 6

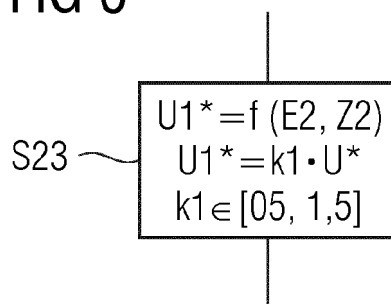


FIG 7

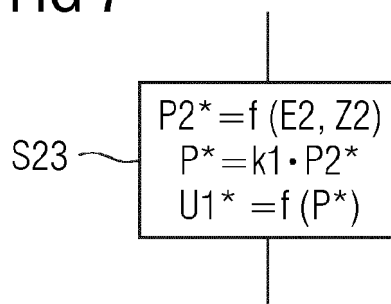


FIG 8

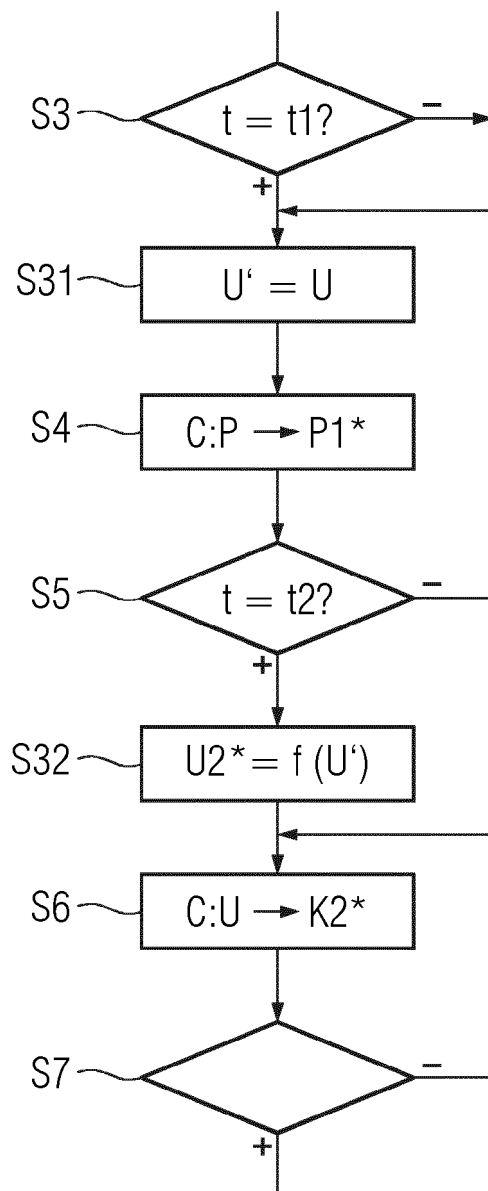
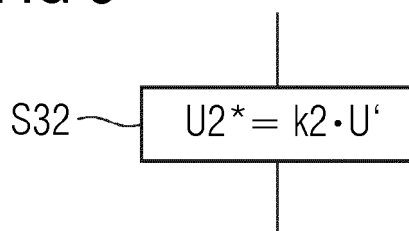


FIG 9





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 18 4417

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A,D	US 3 610 861 A (STOREY ROBERT M ET AL) 5. Oktober 1971 (1971-10-05) * Spalte 2, Zeile 18 - Zeile 47 * -----	1-14	INV. H05B6/06 H05B6/10 C21D1/42 C21D9/60 C21D11/00
A,D	US 4 433 226 A (WAGAR RICHARD L [US]) 21. Februar 1984 (1984-02-21) * Spalte 3, Zeile 50 - Spalte 4, Zeile 52; Abbildungen 1-4 * -----	1-14	
A	JP H06 111925 A (SUMITOMO METAL IND) 22. April 1994 (1994-04-22) * Zusammenfassung; Abbildungen 1, 2, 4 (a), 4 (b) * -----	1-14	
A	JP H06 111926 A (SUMITOMO METAL IND) 22. April 1994 (1994-04-22) * Zusammenfassung; Abbildungen 1, 3 (a), 3 (b) * -----	1-14	
A	EP 2 287 345 A1 (SIEMENS AG [DE]) 23. Februar 2011 (2011-02-23) * Absatz [0030] - Absatz [0043]; Abbildung * -----	1-14	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A	US 4 307 276 A (KURATA KAZUTOSHI ET AL) 22. Dezember 1981 (1981-12-22) * Spalte 3, Zeile 18 - Spalte 9, Zeile 27; Abbildung 4 * -----	1-14	H05B C21D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 14. Dezember 2023	Prüfer Gea Haupt, Martin
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

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

EP 23 18 4417

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

14-12-2023

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 3610861 A	05-10-1971	KEINE	
US 4433226 A	21-02-1984	KEINE	
JP H06111925 A	22-04-1994	JP 2679552 B2	19-11-1997
		JP H06111925 A	22-04-1994
JP H06111926 A	22-04-1994	JP 2689830 B2	10-12-1997
		JP H06111926 A	22-04-1994
EP 2287345 A1	23-02-2011	CN 102482726 A	30-05-2012
		EP 2287345 A1	23-02-2011
		EP 2456897 A1	30-05-2012
		WO 2011009819 A1	27-01-2011
US 4307276 A	22-12-1981	JP S5316939 A	16-02-1978
		US 4307276 A	22-12-1981

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 3610861 A [0006]
- US 4433226 A [0007]