



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
03.07.2024 Patentblatt 2024/27

(21) Anmeldenummer: **22216967.4**

(22) Anmeldetag: **28.12.2022**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
C21D 1/10 (2006.01) **B22D 11/12** (2006.01)
C21D 1/42 (2006.01) **C21D 1/52** (2006.01)
F27B 9/28 (2006.01) **F27B 9/36** (2006.01)
F27B 9/40 (2006.01) **F27D 19/00** (2006.01)
F27D 99/00 (2010.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
C21D 1/10; B22D 11/1213; C21D 1/42; C21D 1/52;
F27B 9/28; F27B 9/36; F27B 9/40; F27D 19/00;
F27D 99/0006

(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

- Gorycki, Jakub
30716 Krakow (PL)
- Milbredt, Jonas
60528 Frankfurt am Main (DE)
- Schwarz, Gero
4800 Attnang (AT)
- Zahedi, Michael
4502 St. Marien (AT)

(71) Anmelder:
• Primetals Technologies Austria GmbH
4031 Linz (AT)
• Primetals Technologies Germany GmbH
91058 Erlangen (DE)

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

(72) Erfinder:
• Baumgartner, Kerstin
4224 Wartberg ob der Aist (DE)

(54) **VERFAHREN ZUM ERWÄRMEN EINES STAHL-ZWISCHENBANDS BEIM HERSTELLEN EINES STAHL-FLACHBANDS**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erwärmen, insbesondere Wiedererwärmen, eines Zwischenbands (2) beim Herstellen eines Flachbands, wobei das Zwischenband (2) durch Induktionsmodulköpfe (12) von Induktionsmodulen (10) eines Induktionsofens (1), ins-

besondere einer Walzanlage bevorzugt einer Stahlband-Herstellanlage, erwärmt wird, und die Induktionsmodulköpfe (12) gemäß wenigstens eines aktuellen Parameters des Zwischenbands (2) am/im Induktionsofen (1) mechanisch angestellt werden.

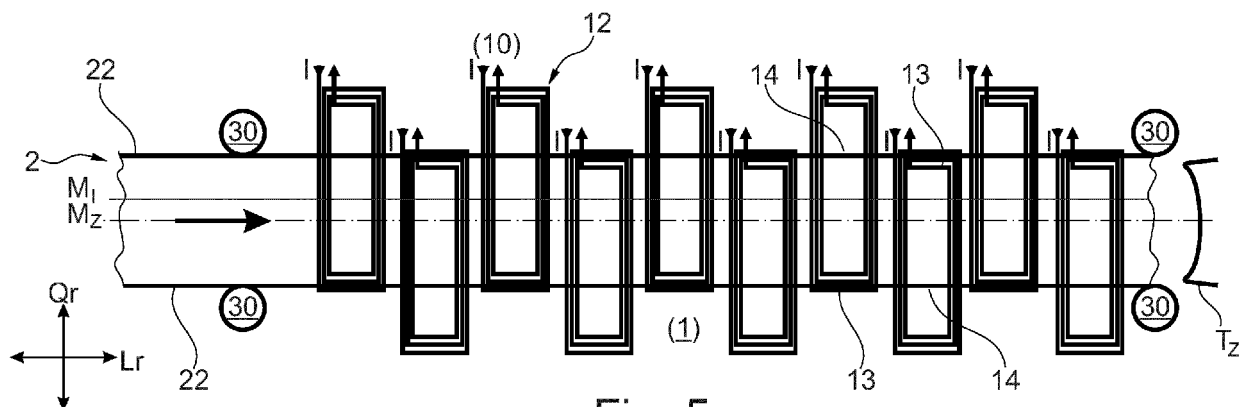


Fig. 5

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erwärmen, insbesondere Wiedererwärmen, eines Zwischenbands beim Herstellen eines Flachbands. Ferner betrifft die Erfindung eine Anlagensteuerung für einen Induktionsofen, eine Walzanlage oder eine Stahlband-Herstellanlage insbesondere zur Endlosbandproduktion. Des Weiteren betrifft die Erfindung einen Induktionsofen, eine Walzanlage oder eine Stahlband-Herstellanlage insbesondere zur Endlosbandproduktion.

[0002] Bei einer Stahlband-Herstellanlage z. B. zur Endlosbandproduktion (ESP: Endless Strip Production) wird durch ein Gießwalzverfahren für ein Wiedererwärmen eines (Stahl-)Zwischenbands eines zu formenden (Stahl-)Flachbands ein Induktionsofen in einer Walzanlage der Stahlband-Herstellanlage angewendet. Dieser Induktionsofen befindet sich z. B. zwischen einem Hochreduktions-Walzwerk (HRM: High Reduction Mill) mit z. B. zwei bis vier und insbesondere drei Walzgerüsten, sowie einem Fertig-Walzwerk (FM: Finishing Mill) mit z. B. vier bis sieben und insbesondere fünf Walzgerüsten.

[0003] Eine Qualität eines fertigen Flachbands hängt, neben einer Vielzahl anderer einander gegenseitig beeinflussender Einflussfaktoren, von einem Erwärmen oder von einem Wiedererwärmen eines Zwischenbands in einem Induktionsofen ab. Insbesondere bei dünneren Zwischenbändern haben sich sogenannte Querfeld-Induktionsmodule (Transversal Flux) des Induktionsofens als eine effiziente und damit eine geeignete Lösung für eine Walzanlage in einer Stahlband-Herstellanlage etabliert. Die Walzanlage kann dabei analog zu oben eine Mehrzahl von Walzwerken umfassen.

[0004] Ferner hängt die Qualität des fertigen Flachbands von einer gleichmäßigen Temperaturverteilung des Zwischenbands insbesondere an einem in Herstellungsrichtung hinteren Längsende des Induktionsofens ab. Je gleichmäßiger dort die aktuelle Temperaturverteilung entlang einer Oberflächenlinie bzw. entlang eines Querschnitts in Querrichtung des Zwischenbands ist, desto besser kann eine Qualität des fertigen Flachbands sein. Dabei steht die Querrichtung natürlich senkrecht auf den beiden Bandkanten des Zwischenbands. - Es ist eine Aufgabe der Erfindung, ein korrektes Erwärmen, insbesondere ein korrektes Wiedererwärmen, eines Zwischenbands bei einem Herstellen eines Flachbands sicherzustellen.

[0005] Die Aufgabe der Erfindung ist durch ein Verfahren zum Erwärmen, insbesondere Wiedererwärmen, eines Zwischenbands beim Herstellen eines Flachbands; mittels einer Anlagensteuerung für einen Induktionsofen, eine Walzanlage oder eine Stahlband-Herstellanlage insbesondere zur Endlosbandproduktion; und mittels eines Induktionsofens, einer Walzanlage oder einer Stahlband-Herstellanlage insbesondere zur Endlosbandproduktion gelöst. - Vorteilhafte Weiterbildungen, zusätzliche Merkmale und/oder Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen und der folgenden

Beschreibung.

[0006] Querfeld-Induktionsmodule eines Induktionsofens für z. B. eine Walzanlage einer Stahlband-Herstellanlage werden insbesondere paarweise verbaut und angesteuert, um einen Leistungseintrag in das Zwischenband nach Möglichkeit gleichmäßig zu gestalten. Ein Paar von Querfeld-Induktionsmodulen ist dabei folgendermaßen verbaut.

[0007] Durch einen geschlossenen Endbereich eines ersten Induktionsmodulkopfs eines Querfeld-Induktionsmoduls ist eine erste Bandkante (Randbereich) und durch den geschlossenen Endbereich eines zweiten Induktionsmodulkopfs eines Querfeld-Induktionsmoduls die zweite Bandkante (Randbereich) erwärmbar. Analoges gilt für die offenen Mittenbereiche der Querfeld-Induktionsmodule; d. h. ein offener Mittenbereich des Induktionsmodulkopfs des ersten Querfeld-Induktionsmoduls liegt bezüglich einer Induktionsofen-Mittellinie diagonal zu dem offenen Mittenbereich des Induktionsmodulkopfs des zweiten Querfeld-Induktionsmoduls. Vgl. auch die Fig. 3 bis 7 (geschlossene Endbereiche: 13, offene Mittenbereiche: 14).

[0008] Im Rahmen von Untersuchungen zur Qualität von fertigen Flachbändern wurde festgestellt, dass an einem in Herstellungsrichtung auslaufenden, d. h. hinteren Längsende des Induktionsofens, eine symmetrische Temperaturverteilung eines Zwischenbands (Fig. 2) als eine Vorstufe zu einer derzeit in einem laufenden Zwischenband nicht praktikabel einrichtbaren gleichmäßigen Temperaturverteilung, einen guten Kompromiss darstellt. (Solch eine im Wesentlichen gleichmäßige Temperaturverteilung an einer Bandkante ist durch die durchgezogene dargestellte Temperaturverteilung in der Fig. 1 repräsentiert, wobei hier nur ein einziger Induktionsmodulkopf aktiv gewesen ist.)

[0009] Im Rahmen von weitergehenden Untersuchungen wurde festgestellt, dass durch eine mechanische Anstellung der Induktionsmodulköpfe bezüglich der Induktionsofen-Mittellinie, eine tatsächliche Anstellung der Induktionsmodulköpfe an ein durch die Walzanlage laufendes Zwischenband von einer intendierten Anstellung häufig abweicht. Dies ist der Fall, wenn die Zwischenband-Mittellinie nicht mit der Induktionsofen-Mittellinie (parallel) zusammenfällt. Entgegen der bisherigen Annahmen hat sich gezeigt, dass solche Abweichungen parallel in beide Querrichtungen sowie gewinkelte Abweichungen die Regel und nicht die Ausnahme sind.

[0010] Es ist daher wichtig, dass die Induktionsmodule bezüglich des Zwischenbands richtig angestellt sind, um eine gleichmäßige Temperaturverteilung des Zwischenbands auf dessen Oberfläche in Querrichtung, z. B. als eine Querlinie gedacht, also auch über dessen Querschnitt hinweg, zu erreichen. - Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird das Zwischenband durch Induktionsmodulköpfe von Induktionsmodulen eines Induktionsofens, insbesondere einer Walzanlage bevorzugt einer Stahlband-Herstellanlage insbesondere zur Endlosbandproduktion, erwärmt, wobei die Induktionsmodul-

köpfe gemäß wenigstens eines aktuellen, d.h. natürlich auch tatsächlichen, Parameters des Zwischenbands am/im Induktionsofen mechanisch angestellt werden. - Für das Anstellen der Induktionsmodulköpfe kann natürlich ggf. wenigstens ein weiterer Parameter angewendet werden.

[0011] Gemäß des wenigstens einen Parameters des Zwischenbands kann das Anstellen von Induktionsmodulköpfen des Induktionsofens derart erfolgen, dass sich an wenigstens einer Position im/am Induktionsofen, in Querrichtung am/im Zwischenband bezüglich der Zwischenband-Mittellinie, eine sich über die Zeit symmetrisierende Wärmeverteilung (z. B. eine Temperaturverteilung) des laufenden Zwischenbands einstellt. D. h. es wird die Wärmeverteilung des laufenden Zwischenbands an dieser wenigstens einen Position betrachtet. Die Wärmeverteilung bzw. eine Symmetrie der Wärmeverteilung ist dabei unabhängig von Abweichungen der Zwischenband-Mittellinie von einer Induktionsofen-Mittellinie.

[0012] Gemäß des wenigstens einen Parameters des Zwischenbands kann in der zeitlichen Folge an der wenigstens einen Position im/am Induktionsofen, durch das Anstellen von Induktionsmodulköpfen versucht werden, bzw. wird beabsichtigt versucht, diese Wärmeverteilung des Zwischenbands in ihrer vorläufigen Symmetrie zu erhalten oder diese vorläufige Symmetrie weiter zu symmetrisieren. Ferner kann alternativ oder zusätzlich versucht werden, bzw. wird beabsichtigt versucht, diese Wärmeverteilung des Zwischenbands in Querrichtung am/im Zwischenband zu vergleichmäßigen. Des Weiteren kann alternativ oder zusätzlich versucht werden, bzw. wird beabsichtigt versucht, eine Wärmeverteilung einer Bandkante des Zwischenbands an eine Wärmeverteilung der Zwischenband-Mittellinie anzugleichen.

[0013] Der Parameter des Zwischenbands kann eine im Wesentlichen aktuelle (tatsächliche) Aussage über das aktuelle (tatsächliche) Zwischenband am/im Induktionsofen und/oder an/in der Walzanlage widerspiegeln. Ferner kann der Parameter des Zwischenbands keine lediglich generelle Aussage über den Induktionsofen selbst und/oder die Walzanlage selbst darstellen. - D. h. z. B., dass der Parameter des Zwischenbands keine lediglich lokale oder globale Aussage über den Induktionsofen selbst und/oder die Walzanlage selbst widerspiegelt. Der Parameter kann eine aktuelle Aussage über eine Interaktion des Zwischenbands mit dem Induktionsofen selbst und/oder der Walzanlage selbst darstellen. Ferner kann der Parameter eine aktuelle Aussage über das Zwischenband am/im Induktionsofen und/oder eine aktuelle Aussage über das Zwischenband selbst darstellen.

[0014] Der Parameter des Zwischenbands kann keine ausschließlich geometrische Aussage über den Induktionsofen selbst und/oder die Walzanlage selbst, oder keine Querbegrenzung des Zwischenbands im Induktionsofen selbst und/oder in der Walzanlage selbst widerspie-

geln. Dies gilt natürlich auch für eine anderweitige Kennzeichnung für das Zwischenband im Wesentlichen ausschließlich durch den Induktionsofen selbst und/oder die Walzanlage selbst. - Der Parameter des Zwischenbands kann eine geometrische Lage des Zwischenbands innerhalb der Walzanlage und/oder des Induktionsofens, und/oder eine Wärmeverteilung des Zwischenbands in Querrichtung des Zwischenbands an/in der Walzanlage und/oder am/im Induktionsofen widerspiegeln.

[0015] Hierbei ist es wichtig, dass ein Abstand von Induktionsmodulen zu einer Bandkante des Zwischenbands richtig eingestellt ist, um nach Möglichkeit eine symmetrische und ggf. gleichmäßig (ähnliche Werte und/oder keine Unstetigkeitsstelle (hoher Gradient, Knick)) geformte Wärmeverteilung des Zwischenbands auf seiner Oberfläche über seine Breite (als eine Breitenlinie gedacht) bzw. über einen Querschnitt hinweg zu erreichen. - Eine tatsächliche Anstellung eines Induktionsmodulkopfs bezüglich einer Bandkante bzw. der Bandkanten des Zwischenbands ist im Stand der Technik nicht genau genug bekannt. Die nächsten Messpositionen für das Zwischenband befinden sich räumlich deutlich vor und/oder räumlich deutlich nach dem Induktionsofen und/oder dem Walzwerk.

[0016] Der Parameter des Zwischenbands kann die Zwischenband-Mittellinie im Induktionsofen widerspiegeln. Hierbei kann in den Parameter des Zwischenbands ein anderweitiger Wert, insbesondere ein anderweitiger aktueller Messwert, eingehen. Ferner kann in den Parameter des Zwischenbands eine aktuelle Wärmeverteilung des Zwischenbands eingehen. Des Weiteren kann der Parameter des Zwischenbands im Wesentlichen ausschließlich die Zwischenband-Mittellinie repräsentieren. Darüber hinaus kann die Zwischenband-Mittellinie durch eine Mittellinienerfassung erfasst werden. Solch eine Mittellinienerfassung arbeitet zum Beispiel mit wenigstens einer Seitenführungsrolle, einer Mittellinienmessung, einer Kantenmessung, einer Bildverarbeitung, einer/einem Vision Einrichtung/System etc.

[0017] Die Zwischenband-Mittellinie im Induktionsofen kann aus einem aktuellen Anstellen von genau/wenigstens einer, genau/wenigstens zwei oder genau/wenigstens vier Seitenführungsrollen an das Zwischenband ermittelt werden. Mit der Anstellung einer einzigen Seitenführungsrolle ist zusammen mit einer bekannten Breite des Zwischenbands in Querrichtung, an einer Position der Seitenführungsrolle ein Punkt/Abschnitt einer Mittellinie des Zwischenbands im Induktionsofen ermittelbar. Mit (wenigstens) zwei in Längsrichtung des Induktionsofens versetzt angeordneten Seitenführungsrollen ist derart eine Mittellinie im Induktionsofen ermittelbar.

[0018] Dies lässt sich auf Seitenführungsrollenpaare erweitern, wobei durch ein Seitenführungsrollenpaar ohne eine bekannte Breite des Zwischenbands, an einer Position des Seitenführungsrollenpaars ein Punkt/Abschnitt einer Mittellinie des Zwischenbands im Induktionsofen ermittelbar ist. Mit (wenigstens) zwei in Längs-

richtung des Induktionsofens versetzt angeordneten Seitenführungsrollenpaaren ist derart eine Mittellinie im Induktionsofen, ohne eine bekannte Breite des Zwischenbands, ermittelbar.

[0019] Eine aktuelle Anstellung einer Seitenführungsrolle kann aus einer Kraftregelung der Seitenführungsrolle entnommen/erhalten werden. Die aktuelle Anstellung der Seitenführungsrollen mittels Kraftregelung dient also zum Erkennen der Zwischenband-Mittellinie. Hierbei erfolgt eine Weitergabe, der über die Seitenführungsrollen erkannten Zwischenband-Mittellinie an eine Anlagensteuerung (Automation) des Induktionsofens. Aus einem aktuellen Anstellen von Seitenführungsrollen kann ein paralleler und/oder ein gewinkeltes aktuelles Versetzen der Zwischenband-Mittellinie gegenüber der Induktionsofen-Mittellinie ermittelt werden.

[0020] Der Parameter des Zwischenbands kann eine Wärmenergieverteilung des Zwischenbands am/im Induktionsofen widerspiegeln. Hierbei kann in den Parameter des Zwischenbands ein anderweitiger Wert, insbesondere ein anderweitiger aktueller Messwert, eingehen. Ferner kann in den Parameter des Zwischenbands eine aktuelle Zwischenband-Mittellinie eingehen. Des Weiteren kann der Parameter des Zwischenbands im Wesentlichen ausschließlich die Wärmenergieverteilung des Zwischenbands repräsentieren. Darüber hinaus kann die Wärmenergieverteilung des Zwischenbands durch eine Temperaturermittlung, insbesondere einen Temperaturscanner, erfasst werden.

[0021] Die aktuelle Wärmenergieverteilung des Zwischenbands kann in Querrichtung ermittelt werden. Aus der Wärmenergieverteilung kann dann eine aktuelle Trendlinie ermittelt werden, welche einen aktuellen Symmetriegrad der Wärmenergieverteilung des Zwischenbands in Querrichtung widerspiegelt. Anhand dieser aktuellen Trendlinie, können Induktionsmodulköpfe des Induktionsofens derart angestellt werden, dass sich der aktuelle Symmetriegrad der Wärmenergieverteilung des Zwischenbands in Querrichtung symmetrisiert oder wenigstens nicht asymmetrisiert.

[0022] Hierbei erfolgt z. B. ein Vergleich einer zeitlich früheren mit der aktuellen Trendlinie, oder der aktuellen mit einer idealen Trendlinie derart, dass die aktuelle Trendlinie eine wenigstens gleichmäßig bleibende symmetrische Wärmeenergieverteilung oder eine verbesserte Symmetrie der Wärmeenergieverteilung zeigen soll. - Die Wärmenergieverteilung des Zwischenbands kann z. B. durch eine Temperaturermittlung, insbesondere einen Temperaturscanner, als eine Temperaturverteilung des Zwischenbands ermittelt werden.

[0023] In Ausführungsformen kann eine einlaufende, aktuelle Wärmenergieverteilung des Zwischenbands in Querrichtung vor dem eigentlichen (am/im Anfang des Induktionsofens) und/oder in dem vorderen (vordere Hälfte des Induktionsofens) Induktionsofen ermittelt werden. Aus dieser Wärmenergieverteilung kann eine erforderliche elektrische Leistung des Induktionsofens, eine erforderliche elektrische Leistungsverteilung innerhalb

des Induktionsofens und/oder eine erforderliche Stellung von Induktionsmodulköpfen in Querrichtung ermittelt werden. Ferner können die Induktionsmodulköpfe bevorzugt zunächst derart intendiert angestellt werden sollen, dass eine in den Induktionsofen einlaufende Asymmetrie einer Temperaturverteilung des einlaufenden Zwischenbands kompensiert wird. Dabei schaut das Verfahren eine gewisse Zeit in die Zukunft und stellt dann, wenn es notwendig ist, Induktionsmodulköpfe, ggf. modifiziert durch das Verfahren, entsprechend an.

[0024] In Ausführungsformen kann eine auslaufende, aktuelle Wärmenergieverteilung des Zwischenbands in Querrichtung in dem hinteren (hintere Hälfte des Induktionsofens) und/oder hinter dem eigentlichen (im/am Ende des Induktionsofens) Induktionsofen ermittelt werden. Aus dieser Wärmenergieverteilung kann eine aktuelle Trendlinie ermittelt werden, welche einen aktuellen Symmetriegrad der Wärmenergieverteilung des Zwischenbands in Querrichtung widerspiegelt. Nun können die Induktionsmodulköpfe aufgrund der Trendlinie derart angestellt werden, dass eine Asymmetrie einer Temperaturverteilung des auslaufenden Zwischenbands kompensiert wird. Hierbei kann eine einlaufende, aktuelle Wärmenergieverteilung des Zwischenbands in Querrichtung berücksichtigt werden. D. h. jene Induktionsmodulköpfe welche über/unter einer kälteren Bandkante positioniert sind, werden weiter in Richtung dieser Bandkante verfahren.

[0025] Das Verfahren kann derart betrieben werden, dass sich eine aktuelle Trendlinie einer aktuellen Wärmeenergieverteilung des Zwischenbands, einer gewünschten (gute bis im Wesentlichen optimale) Trendlinie (Zieltrendlinie) annähert. Hierfür werden betreffende Induktionsmodulköpfe über/unter dem Zwischenband entsprechend angestellt. Die betreffende Trendlinie kann eine lineare, eine nicht-lineare, eine zusammengesetzte etc. Trendlinie sein. - Das Verfahren kann als ein Steuerungsverfahren oder ein Regelungsverfahren (closed loop control) ausgebildet sein. Die Induktionsmodule können als Quersfeld-Induktionsmodule ausgebildet sein. D. h. natürlich auch, dass die Induktionsmodulköpfe als Quersfeld-Induktionsmodulköpfe ausgebildet sind.

[0026] Die erfindungsgemäße Anlagensteuerung ist derart ausgebildet, dass durch die Anlagensteuerung ein erfindungsgemäßes Verfahren durchführbar ist und/oder durchgeführt wird. Hierbei weist die Anlagensteuerung ein Anlagensteuergerät sowie dafür notwendige Anschlüsse auf. - Der erfindungsgemäße Induktionsofen, die erfindungsgemäße Walzanlage oder die erfindungsgemäße Stahlband-Herstellanlage weist eine erfindungsgemäße Anlagensteuerung auf. Ferner kann durch den erfindungsgemäßen Induktionsofen, die erfindungsgemäße Walzanlage oder die erfindungsgemäße Stahlband-Herstellanlage ein erfindungsgemäßes Verfahren durchführbar sein und/oder durchgeführt werden.

[0027] Die Erfindung ist im Folgenden anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beigefügte schematische und nicht maßstabsgetreue

Zeichnung näher erläutert. Abschnitte, Elemente, Bauteile, Einheiten, Komponenten und/oder Schemata, welche eine identische, univoke oder analoge Ausbildung und/oder Funktion besitzen, sind in der Figurenbeschreibung (s. u.), der Bezugszeichenliste, den Patentansprüchen und in den Figuren (Fig.) der Zeichnung mit denselben Bezugszeichen gekennzeichnet. Eine mögliche, in der Erfindungsbeschreibung (s. o.) nicht erläuterte, in der Zeichnung nicht dargestellte und/oder nicht abschließende Alternative, eine statische und/oder kinematische Umkehrung, eine Kombination etc. zu den Ausführungsbeispielen der Erfindung bzw. einer Komponente, einem Schema, einer Einheit, einem Bauteil, einem Element oder einem Abschnitt davon, kann ferner der Bezugszeichenliste und/oder der Figurenbeschreibung entnommen werden.

[0028] Bei der Erfindung kann ein Merkmal (Abschnitt, Element, Bauteil, Einheit, Komponente, Funktion, Größe etc.) positiv, d. h. vorhanden, oder negativ, d. h. abwesend, ausgestaltet sein. In dieser Spezifikation (Beschreibung (Erfindungsbeschreibung (s. o.), Figurenbeschreibung (s. u.)), Bezugszeichenliste, Patentansprüche, Zeichnung) ist ein negatives Merkmal als Merkmal nicht explizit erläutert, wenn nicht gemäß der Erfindung Wert daraufgelegt ist, dass es abwesend ist. D. h. die tatsächlich gemachte und nicht eine durch den Stand der Technik konstruierte Erfindung darin besteht, dieses Merkmal wegzulassen.

[0029] Ein Merkmal dieser Spezifikation kann nicht nur in einer angegebenen Art und/oder Weise, sondern auch in einer anderen Art und/oder Weise angewendet sein (Isolierung, Zusammenfassung, Ersetzung, Hinzufügung, Alleinstellung, Weglassung etc.). Insbesondere ist es möglich, anhand eines Bezugszeichens und einem diesem zugeordneten Merkmal bzw. vice versa, in der Beschreibung, der Bezugszeichenliste, den Patentansprüchen und/oder der Zeichnung, ein Merkmal in den Patentansprüchen und/oder der Beschreibung zu ersetzen, hinzuzufügen oder wegzulassen. Darüber hinaus kann dadurch ein Merkmal in einem Patentanspruch ausgelegt und/oder näher spezifiziert werden.

[0030] Die Merkmale der Beschreibung sind (angesichts des (zunächst meist unbekannten) Stands der Technik) auch als optionale Merkmale interpretierbar; d. h. ein jedes Merkmal kann als ein fakultatives, arbiträres oder bevorzugtes, also als ein nicht verbindliches, Merkmal aufgefasst werden. So ist eine Herauslösung eines Merkmals, ggf. inkl. seiner Peripherie, aus einem Ausführungsbeispiel möglich, wobei dieses Merkmal dann auf einen verallgemeinerten Erfindungsgedanken übertragbar ist. Das Fehlen eines Merkmals (negatives Merkmal) in einem Ausführungsbeispiel zeigt, dass das Merkmal in Bezug auf die Erfindung ggf. optional (Fachmann) ist. Ferner ist bei einem Artbegriff für ein Merkmal auch ein Gattungsbegriff für das Merkmal mittlesbar (ggf. weitere hierarchische Gliederung in Untergattung etc.), wodurch, z. B. unter Beachtung von Gleichwirkung und/oder Gleichwertigkeit, eine Verallgemeinerung des Merkmals

möglich ist.

[0031] In den lediglich beispielhaften und schematischen Fig. der Zeichnung zeigen:

5 die Fig. 1 und 2 jeweils eine Temperaturverteilung eines Zwischenbands in einer Stahlband-Herstellanlage, zeitlich nach einem Wiedererwärmen des Zwischenbands durch ein einziges Querfeld-Induktionsmodul (Fig. 1) sowie durch eine Mehrzahl von paarweise verbauten Querfeld-Induktionsmodulen (Fig. 2) eines Induktionsofens eines Walzwerks, 10 die Fig. 3, 4 und 8 in zweidimensionalen, stark schematisierten Draufsichten einen Stand der Technik, wobei sich die Induktionsmodulköpfe von Induktionsmodulen auf eine Mittellinie des Walzwerks beziehen und eine Mittellinie des Zwischenbands von der Walzwerks-Mittellinie parallel (Fig. 4) oder gewinkelt (Fig. 5) abweicht, 15 die Fig. 5 und 7 in zweidimensionalen, stark schematisierten Draufsichten Ausführungsbeispiele einer ersten Ausführungsform der Erfindung, wobei sich Induktionsmodulköpfe auf eine Mittellinie des Zwischenbands beziehen und die Zwischenband-Mittellinie von der Walzwerk-Mittellinie parallel (Fig. 5) oder gewinkelt (Fig. 7) abweicht, und 20 die Fig. 8, 9 und 10 die zweite Ausführungsform der Erfindung, wobei durch eine Trendlinie einer unsymmetrischen Temperaturverteilung des Zwischenbands (Fig. 8) und ein entsprechendes Anstellen von Induktionsmodulköpfen (Fig. 10), eine Trendlinie einer symmetrischen Temperaturverteilung des Zwischenbands (Fig. 9) angesteuert oder eingeregelt wird. 25 30

35 **[0032]** Die Erfindung ist im Folgenden anhand von Ausführungsbeispielen zweier Ausführungsformen (erste Ausführungsform: Fig. 5 und 7, zweite Ausführungsform: Fig. 8 bis 10) von Verfahren zum Erwärmen, insbesondere Wiedererwärmen, eines (Stahl-)Zwischenbands 2 in einem Induktionsofen 1 (auch als Induktionserwärmer 1 bezeichnenbar) beim Herstellen eines (Stahl-)Flachbands in einer Walzanlage einer Stahlband-Herstellanlage insbesondere zur Endlosbandproduktion näher erläutert. Obwohl die Erfindung detaillierter durch bevorzugte Ausführungsbeispiele näher beschrieben und illustriert ist, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Ausführungsbeispiele eingeschränkt, sondern ist von grundlegenderer Natur. 40 45

[0033] Andere Variationen können hieraus und/oder aus Obigem (Erfindungsbeschreibung) abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlas- 50 sen. Die Erfindung ist allgemein für Induktionsofen insbesondere im Bereich der Stahlherstellung bevorzugt zum Herstellen eines Flachbands anwendbar (vgl. o.). In der Zeichnung sind nur diejenigen räumlichen Abschnitte eines Gegenstands der Erfindung dargestellt, welche für ein Verständnis der Erfindung notwendig sind. 55

[0034] Die Erläuterung der Erfindung anhand der

Zeichnung bezieht sich im Folgenden auf eine Längsrichtung Lr und eine Querrichtung Qr. Hierbei entspricht die Längsrichtung Lr der Haupterstreckungsrichtung des Zwischenbands 2 (sowie eines fertigen Flachbands), des Induktionsofens 1, der Walzanlage sowie ggf. der Stahlband-Herstellanlage, und die Querrichtung Qr steht senkrecht auf der Längsrichtung Lr und liegt in der horizontalen Ebene des Zwischenbands 2 (sowie des fertigen Flachbands).

[0035] Eine Induktionsofen-Mittellinie M_I ist dabei diejenige Gerade, welche parallel zur Längsrichtung Lr die Mittellinie M des Induktionsofens 1 bzw. der Walzanlage repräsentiert. Eine Zwischenband-Mittellinie M_Z ist dabei diejenige Gerade, welche hauptsächlich parallel zur Längsrichtung Lr die Mittellinie M des Zwischenbands 2 insbesondere im Induktionsofen 1 bzw. in der Walzanlage repräsentiert. Hierbei kann die Zwischenband-Mittellinie M_Z bezüglich der Induktionsofen-Mittellinie M_I im Wesentlichen parallel versetzt oder gewinkelt (kleine Winkel) verlaufen.

[0036] Konzeptbedingt, vgl. auch die Fig. 3 und 4, ergibt sich in einem Induktionsofen 1 durch einen Induktionsmodulkopf 12 (Spulenstrom I) eines einzigen Querschnitts-Induktionsmoduls 10 eine einseitige lokale Überwärmung einer (ersten) Bandkante 22 (Randbereich 22) eines Zwischenbands 2 (Fig. 1, Überwärmung links). Diese Überwärmung hat ihre Ursache in Wirbelströmen aufgrund eines offenen Mittenbereichs 14 des Induktionsmoduls 10. Hierbei ist die Überwärmung dieser ersten Bandkante 22 aufgrund einer geometrischen Ausdehnung des Induktionsmodulkopfs 12 in Querrichtung Qr wesentlich unabhängig von einer Stellung dieses Induktionsmodulkopfs 12 bezüglich dem Zwischenband 2, weil dieser Induktionsmodulkopf 12 über diese erste Bandkante 22 hinwegragt.

[0037] Vgl. ferner die Temperaturverteilungen T_{Z1} (gepunktet), T_{Z2} (durchgezogen), T_{Z3} (gestrichelt), welche eine Abhängigkeit der Temperatur des Zwischenbands 2 von einer Stellung des Induktionsmodulkopfs 12 in Querrichtung Qr über dem Zwischenband 2 verdeutlichen. Hierbei repräsentiert die Temperaturverteilung T_{Z1} einen Induktionsmodulkopf 12, welcher über die der ersten Bandkante 22 gegenüberliegende zweite Bandkante 22 (Randbereich 22) hinaussteht (ca. +20mm bei einer Breite des Zwischenbands 2 in Querrichtung Qr von ca. 1.200mm). Ferner repräsentiert die Temperaturverteilung T_{Z2} einen Induktionsmodulkopf 12 in korrekter Stellung bezüglich dieser zweiten Bandkante 22. Und die Temperaturverteilung T_{Z3} repräsentiert einen Induktionsmodulkopf 12, welcher nicht genug an die zweite Bandkante 22 heranreicht (ca. -20mm bei obigem Beispiel).

[0038] D. h. die bezüglich der ersten Bandkante 22 (Fig. 1, offener Mittenabschnitt 14) in Querrichtung Qr gegenüberliegende zweite Bandkante 22 erwärmt sich entweder im Wesentlichen beabsichtigt korrekt (für paarweise verbaute Induktionsmodule 10; vgl. Fig. 1, durchgezogene Linie T_{Z2}). Oder wenn der Induktionsmodul-

kopf 12 nicht bis an diese Bandkante 22 heranreicht, erhält man eine Unterwärmung (vgl. Fig. 1 rechts, gestrichelte Linie T_{Z3}). Und wenn der Induktionsmodulkopf 12 bis über diese Bandkante 22 hinausreicht, erhält man eine Überwärmung analog zu einer eines offenen Mittenbereichs 14 (vgl. Fig. 1 rechts, gepunktete Linie T_{Z1}).

[0039] Um dem entgegenzuwirken und im Idealfall eine symmetrische Temperaturverteilung T_Z (analog Wärmernergieverteilung T_Z) des Zwischenbands 2 zu erhalten (vgl. Fig. 2) werden Induktionsmodule 10 paarweise verbaut (siehe die Fig. 3 bis 7). Somit passiert eine jede Bandkante 22 des Zwischenbands 2 sowohl einen geschlossenen Endbereich 13 als auch einen offenen Mittenbereich 14 zweier direkt zueinander benachbart angeordneter Induktionsmodulköpfe 12 zweier Induktionsmodule 10 bzw. einer Mehrzahl solcher Paare (vgl. Fig. 3: fünf solcher Paare). Somit werden die Bandkanten 22 des Zwischenbands 2 im Wesentlichen gleich erwärmt (vgl. Fig. 2). In diesem Fall ist ein elektrischer Leistungseintrag in das Zwischenband 2 mittels der Induktionsmodulköpfe 12 im Wesentlichen symmetrisch.

[0040] Ein Abstand, welchen ein Induktionsmodulkopf 12 zum Zwischenband 2, also seinen beiden Bandkanten 22, 22 hat, beeinflusst maßgeblich die Temperaturverteilung T_Z des Zwischenbands 2 über seine Breite, z. B. als eine Verlaufslinie in Querrichtung Qr in den Fig. 1 und 2 dargestellt. Die Fig. 1 zeigt wie der Abstand eines Induktionsmoduls 10 zu den beiden Bandkanten 22, 22 des Zwischenbands 2 einen Leistungseintrag (Hochachse: Temperaturverteilung T_Z , z. B. in Form einer Linienleistungsdichte, durch Angabe einer Temperatur etc.) in das Zwischenband 2 über eine Breite (Rechtsachse: linke Bandkante 22 nach Induktionsofen-Mittellinie M_I nach rechter Bandkante 22) des Zwischenbands 2 in Querrichtung Qr beeinflusst.

[0041] Je weiter also ein Induktionsmodulkopf 12 von der für ihn äußeren Bandkante 22 entfernt ist (vgl. in Fig. 4 die oberen Induktionsmodulköpfe 12), desto geringer ist der Leistungseintrag und wird in weiterer Folge die Temperatur dort sein (vgl. die Temperaturverteilung T_Z des Zwischenbands 2 in Fig. 4). Um die beiden Bandkanten 22, 22 bezüglich einer Zwischenband-Mittellinie M_Z gleichmäßig zu erwärmen sind daher die Induktionsmodule 10 immer paarweise verbaut. Vgl. die Fig. 2 rechts, welche das Resultat eines elektrischen Leistungseintrags bei mehreren in Paaren geschalteten Induktionsmodulen 10 zeigt.

[0042] Hierbei erwärmt ein erster Induktionsmodulkopf 12 eine erste Bandkante 22 mit seinem offenen Mittenbereich 14 und die diesbezüglich in Querrichtung Qr gegenüberliegende zweite Bandkante 22 mit seinem geschlossenen Endbereich 13; vgl. z. B. den Induktionsmodulkopf 12 in der Fig. 3 ganz links. Antiparallel dazu erwärmt ein zweiter Induktionsmodulkopf 12 die zweite Bandkante 22 mit seinem offenen Mittenbereich 14 und die diesbezüglich in Querrichtung Qr gegenüberliegende erste Bandkante 22 mit seinem geschlossenen Endbereich 13; vgl. z. B. den Induktionsmodulkopf 12 in der

Fig. 3 rechts neben dem Induktionsmodulkopf 12 ganz links.

[0043] Eine mechanische Anstellung der einzelnen Quersfeld-Induktionsmodule 10 erfolgt im Stand der Technik, vgl. Fig. 3, absolut zu einer Induktionsofen-Mittellinie M_1 der Walzanlage, in eingangs genanntem Beispiel also der Induktionsofen-Mittellinie M_1 zwischen dem Hochreduktions-Walzwerk und dem Fertig-Walzwerk. Jedoch befindet sich die Zwischenband-Mittellinie M_Z des Zwischenbands 2 nicht immer auf der Induktionsofen-Mittellinie M_1 , vgl. Fig. 4. Auf dieser Basis der Induktionsofen-Mittellinie M_1 werden jedoch die Quersfeld-Induktionsmodule 10 und deren Induktionsmodulköpfe 12 im Stand der Technik angestellt.

[0044] Weicht die Zwischenband-Mittellinie M_Z von der Induktionsofen-Mittellinie M_1 ab, siehe Fig. 4, auf welche sich jedoch die Induktionsmodulköpfe 12 beziehen, so kommt es zu den oben diskutierten unsymmetrischen Temperaturverteilungen T_Z an den Bandkanten 22 des Zwischenbands 2 am Ausgang des Induktionsofens 1. Die unsymmetrische Temperaturverteilung T_Z (Fig. 4 ganz rechts) kann in weiterer Folge zu Qualitätsproblemen am Produkt sowie zu Prozessstabilitätsproblemen führen.

[0045] Dieses Problem kann durch wenigstens eine der folgenden Maßnahmen gelöst werden. - Die tatsächliche bzw. aktuelle Zwischenband-Mittellinie M_Z wird erfasst und für die horizontale Anstellung von Induktionsmodulen 10 bzw. deren Induktionsmodulköpfe 12 herangezogen (Mittellinienerfassung). Durch das Anstellen der Seitenführungsrollen 30 an das Zwischenband 2 z. B. mittels einer Kraftregelung kann die aktuelle Zwischenband-Mittellinie M_Z des Zwischenbands 2 erkannt werden. Zusätzlich oder alternativ kann die aktuelle Zwischenband-Mittellinie M_Z auch durch eine andere geeignete Mittellinienerfassung erfasst werden (andere Einrichtung oder Vorrichtung am Zwischenband 2, Bildverarbeitung, Vision Einrichtung/System etc.).

[0046] Die tatsächliche bzw. aktuelle insbesondere horizontale Zwischenband-Mittellinie M_Z des Zwischenbands 2 wird in weiterer Folge an eine Anlagensteuerung (Automation) z. B. des Induktionsofens 1 weitergegeben. Diese stellt die einzelnen Induktionsmodule 10 bzw. deren Induktionsmodulköpfe 12 entsprechend der erfassten und weitergegebenen Zwischenband-Mittellinie M_Z an. Dadurch können die Induktionsmodule 10 bzw. deren Induktionsmodulköpfe 12 in Abhängigkeit der aktuellen Zwischenband-Mittellinie M_Z angestellt werden und somit eine symmetrische Temperaturverteilung T_Z auch bei Abweichungen der Mittellinie M_Z des Zwischenbands 2 von der Mittellinie M_1 der Walzanlage erreicht werden (vgl. Fig. 5 ganz rechts).

[0047] Damit können einerseits Abweichungen des Zwischenbands 2 in Querrichtung Q_r (siehe Fig. 5, Querrichtungs-Abweichung) sowie winklige Abweichungen des Zwischenbands 2 in Bezug auf die Zwischenband-Mittellinie M_Z (siehe Fig. 7, Winkel-Abweichung) ausgeglichen werden. - Die Fig. 3 bis 7 zeigen im Wesentlichen

einen Lauf (Pfeil, Zwischenband-Mittellinie M_Z) des Zwischenbands 2 relativ zur Induktionsofen-Mittellinie M_1 , eine Stellung der Induktionsmodulköpfe 12 und eine Temperaturverteilung T_Z (ganz rechts) des Zwischenbands 2 am Ausgang des Induktionsofens 1.

[0048] Die Fig. 3 und 4 stellen den Stand der Technik da. Zunächst (Fig. 3) läuft das Zwischenband 2 in der Mitte des Induktionsofens 1 z. B. der Walzanlage. Die Induktionsmodulköpfe 12 sind symmetrisch an einen Bandlauf des Zwischenbands 2 angestellt (Induktionsofenfest). Eine aktuelle Anstellung entspricht (zufällig) der gewünschten bzw. vorab berechneten Anstellung, da die Zwischenband-Mittellinie M_Z mit der Induktionsofen-Mittellinie M_1 zusammenfällt. Dadurch stellt sich eine symmetrische Temperaturverteilung T_Z ein (Fig. 3 ganz rechts).

[0049] In der Fig. 4 läuft das Zwischenband 2 nicht in der Mitte des Induktionsofens 1. Die Zwischenband-Mittellinie M_Z ist einer Anlagensteuerung nicht bekannt. Die Induktionsmodulköpfe 12 beziehen sich auf die Induktionsofen-Mittellinie M_1 , wodurch die Induktionsmodulköpfe 12 unsymmetrisch an das Zwischenband 2 angestellt sind. Die vorab berechnete Anstellung entspricht nicht einer aktuellen Anstellung, da die Zwischenband-Mittellinie M_Z ungleich der Induktionsofen-Mittellinie M_1 ist. Damit stellt sich im Stand der Technik eine unsymmetrische Temperaturverteilung T_Z ein.

[0050] In der Fig. 5 läuft das Zwischenband 2 ebenfalls nicht in der Mitte des Induktionsofens 1. Die Zwischenband-Mittellinie M_Z ist jedoch durch ein Anstellen der Seitenführungsrollen 30 an das Zwischenband 2 aktuell bekannt. D. h. durch eine aktuelle Anstellung der Seitenführungsrollen 30 lässt sich die aktuelle Zwischenband-Mittellinie M_Z ermitteln.

[0051] Die Induktionsmodulköpfe 12 können sich nun auf die Zwischenband-Mittellinie M_Z beziehen und werden entsprechend angestellt. Die Induktionsmodulköpfe 12 sind nun symmetrisch an das Zwischenband 2 und nicht mehr symmetrisch an die Induktionsofen-Mittellinie M_1 angestellt. Die berechnete Anstellung entspricht der aktuellen Anstellung, da nun die Zwischenband-Mittellinie M_Z für das Anstellen der Induktionsmodulköpfe 12 an das Zwischenband 2 ausschlaggebend ist. Damit stellt sich eine symmetrische Temperaturverteilung T_Z des Zwischenbands 2 ein (Fig. 5 ganz rechts).

[0052] In der Fig. 6 (Stand der Technik) läuft das Zwischenband 2 nicht in der Mitte des Induktionsofens 1, sondern in einem Winkel dazu. Die Zwischenband-Mittellinie M_Z ist nicht bekannt. Die Induktionsmodulköpfe 12 beziehen sich auf die Induktionsofen-Mittellinie M_1 , wodurch die Induktionsmodulköpfe 12 unsymmetrisch an das Zwischenband 2 angestellt sind. Die berechnete Anstellung entspricht nicht der aktuellen Anstellung, da die Zwischenband-Mittellinie M_Z ungleich der Induktionsofen-Mittellinie M_1 ist. Damit stellt sich eine unsymmetrische Temperaturverteilung T_Z ein (Fig. 6 ganz rechts).

[0053] In der Fig. 7 läuft das Zwischenband 2 ebenfalls nicht in der Mitte des Induktionsofens 1, sondern wieder-

um in einem Winkel dazu. Die Zwischenband-Mittellinie M_Z ist durch Anstellen der Seitenführungsrollen 30 bekannt. Die Induktionsmodulköpfe 12 können sich nun auf die Zwischenband-Mittellinie M_Z beziehen und werden entsprechend angestellt. Die Induktionsmodulköpfe 12 sind nun symmetrisch an das Zwischenband 2 angestellt. Die berechnete Anstellung entspricht der aktuellen Anstellung, da nun die Zwischenband-Mittellinie M_Z für das Anstellen der Induktionsmodulköpfe 12 an das Zwischenband 2 ausschlaggebend ist. Damit stellt sich eine symmetrische Temperaturverteilung des Zwischenbands 2 T_Z ein (Fig. 7 ganz rechts).

[0054] Ferner kann, siehe die Fig. 8 bis 10, alternativ oder zusätzlich am Anfang, in einer Mitte und/oder Ende des Induktionsofens 1 (Fig. 10) die aktuelle Temperaturverteilung T_Z des Zwischenbands 2 z. B. von einer Temperaturermittlung, insbesondere einem Temperaturscanner 40, erfasst werden. Diese Temperaturverteilung T_Z wird verwendet, um mittels eines Steuerungsverfahrens oder eines Regelungsverfahrens (closed loop control: geschlossener Regelkreis) Induktionsmodulköpfe 12 horizontal anzustellen und die Temperaturverteilung T_Z nach Möglichkeit zu verbessern. Wird erkannt, dass die Temperaturverteilung T_Z an einer Seite des Zwischenbands 2 von einer Norm abweicht, so werden die Induktionsmodulköpfe 12 derart angestellt, dass eine nach Möglichkeit symmetrische und ggf. gleichmäßige Temperaturverteilung T_Z erhalten wird.

[0055] Die Fig. 8 zeigt solch eine Abweichung in Form einer bezüglich der Zwischenband-Mittellinie M_Z unsymmetrischen Temperaturverteilung T_Z des Zwischenbands 2 entlang einer Linie (Querachse: 22 nach M_Z nach 22) in Querrichtung Q_r auf der Oberfläche des Zwischenbands 2. Aus dieser Temperaturverteilung T_Z kann eine Trendlinie Tr , in diesem Fall eine lineare Trendlinie Tr , ermittelt oder berechnet werden. - Hierbei kann die Trendlinie Tr auf viele verschiedene Arten ermittelt oder berechnet werden.

[0056] Einfache Formen sind z. B. die Verbindung der absoluten Minima oder der absoluten Maxima der Temperaturverteilung T_Z des Zwischenbands 2. Ferner kann ein ggf. gewichtetes Mittel zweier solcher Verbindungslinien als Trendlinie Tr angewendet werden. Hierbei kann den Bereichen des Zwischenbands 2, welche mit den Bandkanten 22 abschließen, eine besondere Gewichtung zukommen. Trendlinien Tr höherer Ordnung, also z. B. nicht-lineare Trendlinien Tr , sind natürlich ebenfalls anwendbar.

[0057] Durch das Steuerungsverfahren oder das Regelungsverfahren wird nun eine horizontale Ausrichtung von Induktionsmodulköpfen 12 derart verändert, dass die Trendlinie Tr nach Möglichkeit nahe an einer vorgegebenen im Wesentlichen guten bis optimalen Lösung, ebenfalls durch eine Trendlinie Tr vertreten (Fig. 9), liegt. In vorliegendem Fall beträgt im dargestellten Beispiel der linearen Trendlinien Tr eine Steigung der im Wesentlichen guten bis im Wesentlichen optimale Trendlinie Tr Null (Trendlinie Tr im Wesentlichen parallel zu Rechts-

achse). An diese Steigung soll sich die aktuelle Trennlinie Tr annähern und nach Möglichkeit mit dieser zusammenfallen.

[0058] Hierfür werden natürlich bevorzugt nur diejenigen Induktionsmodulköpfe 12 horizontal verstellt (angestellt), mit welchen sich eine Verbesserung der Trendlinie Tr realisieren lässt. Dies sind im Regelfall maximal die Hälfte aller vorhandenen Induktionsmodulköpfe 12, nämlich diejenigen, welche mit ihren geschlossenen Endbereichen 13 bei (über/unter) einer kalten Bandkante 22 liegen. Es ist natürlich möglich, die Induktionsmodulköpfe 12 paarweise, z. B. um gleichen Betrag, zu verstellen, da ein Verlagern eines offenen Mittenbereichs 14 eines Induktionsmodulkopfs 12 keine wesentlichen Auswirkungen auf eine Temperatur der Bandkante 22 hat.

[0059] Wie in der Fig. 10 dargestellt kann eine Ermittlung einer Temperaturverteilung T_Z (Wärmenergieverteilung T_Z) des Zwischenbands 2 in Querrichtung Q_r vor dem Induktionsofen 1 z. B. durch einen Temperaturscanner 40 (links in der Fig. 4) erfolgen. Das Signal dieses Temperaturscanners 40 wird dazu angewendet, eine erforderliche elektrische Leistung der Induktionsmodule 10 bzw. der Induktionsmodulköpfe 12 des Induktionsofens 1, eine erforderliche elektrische Leistungsverteilung innerhalb des Induktionsofens 1 auf die Induktionsmodule 10 bzw. deren Induktionsmodulköpfe 12, sowie die erforderlichen Stellungen der Induktionsmodulköpfe 12 in Querrichtung Q_r über/unter dem Zwischenband 2 durch ein geeignetes Modell zu ermitteln, damit eine gewünschte Temperatur sowie eine symmetrische Temperaturverteilung T_Z innerhalb erlaubter Grenzen realisierbar ist.

[0060] Neben einem notwendigen (nach Möglichkeit symmetrischen und ggf. gleichmäßigen) Energieeintrag in das Zwischenband 2, z. B. für ein Fertigwalzen des Zwischenbands 2, lässt sich hierdurch bereits eine Kompensation einer unsymmetrischen Temperaturverteilung des Zwischenbands 2 zeitlich nach einem Walzen und vor dem Erwärmen des Zwischenbands 2 im Induktionsofen 1 durch den Induktionsofen 1 anvisieren. D. h. die betreffenden Induktionsmodulköpfe 12 können zunächst derart intendiert angestellt werden sollen, dass eine erkannte Asymmetrie der einlaufenden Temperaturverteilung T_Z des Zwischenbands 2 kompensierbar ist. - Das Anstellen der Induktionsmodulköpfe 12 kann natürlich dann von einem erfindungsgemäßen Verfahren weiter dergestalt verändert werden, dass eine erkannte Asymmetrie der auslaufenden Temperaturverteilung T_Z des Zwischenbands 2 zusätzlich oder hauptsächlich kompensierbar ist.

[0061] Eine Ermittlung der Temperaturverteilung T_Z des Zwischenbands 2 in Querrichtung Q_r an einem Ausgang bzw. einem hinteren Ende des Induktionsofens 1 kann ebenfalls üblicherweise durch einen Temperaturscanner 40 erfolgen (rechts in der Fig. 10). Wird bei dieser Messung, wie oben beschrieben, eine Asymmetrie der Temperaturverteilung T_Z festgestellt bzw. gemessen, und z. B. eine nicht-horizontale Trendlinie Tr errech-

net, dann kann eine Korrektur durchgeführt werden. Die Korrektur betrifft insbesondere eine Kompensation einer unsymmetrischen Temperaturverteilung des Zwischenbands 2 aufgrund einer Abweichung der Zwischenband-Mittellinie M_Z von einer Induktionsofen-Mittellinie M_I für einen zeitlich nachfolgenden Längsabschnitt des Zwischenbands 2 im Induktionsofen 1.

[0062] Dies erfolgt z. B. wie in Fig. 10 angedeutet, indem jene Induktionsmodulköpfe 12, welche auf einer kälteren Bandkante 22 positioniert sind, weiter in Richtung der kälteren Bandkante 22 verfahren werden (gestrichelte Pfeile). Dies bewirkt, wie in den Fig. 8 und 9 dargestellt, auch auf dieser Seite im Zwischenband 2 eine erhöhte Konzentration von Magnetfeldern/Wirbelströmen im Zwischenband 2 und bewirkt somit eine höhere Bandkanten-temperatur (siehe gestrichelte Linie in der Temperaturverteilung T_Z der Fig. 10).

[0063] Dies kann durch eine Steuerung/Regelung erfolgen, wobei die Induktionsmodulköpfe 12 derart weit verfahren werden, bis die ermittelte Temperaturverteilung T_Z wieder symmetrisch ist, z. B. die Trendlinie Tr horizontal wird. Vorzugsweise kann ein Berechnungsmodell für ein Ausgleichen der Temperatur-Asymmetrie, eine erforderliche Verschiebung dieser Induktionsmodulköpfe 12 vorausberechnen und die Induktionsmodulköpfe 12 können nach diesen errechneten Offsets positioniert werden, was zu einem schnelleren Erreichen einer symmetrischen Temperaturverteilung T_Z im Zwischenband 2 führt.

[0064] Unter zusätzlicher Berücksichtigung einer einlaufenden Temperaturverteilung T_Z kann das Berechnungsmodell eine Anstellung ggf. aller Induktionsmodulköpfe 12 errechnen, d. h. jene in der Fig. 10 mit den gestrichelten Pfeilen gekennzeichneten sowie deren komplementäre Induktionsmodulköpfe 12 (in den Paaren von Induktionsmodulen 10). Somit können im Wesentlichen alle Anforderungen hinsichtlich Leistungsbedarf, Symmetrisierung und ggf. Vergleichmäßigung der Temperaturverteilung T_Z und Ausgleich von Temperaturasymmetrien im Wesentlichen zu einem jedem Zeitpunkt im Verfahren errechnet und als neue Sollwerte für die Steuerung/Regelung des Induktionsofens 1 wiederkehrend vorgegeben werden.

[0065] Ferner kann zusätzlich die Temperaturverteilung T_Z und daraus die Trendlinie Tr auch an einer weiteren Position (mittlerer Temperaturscanner 40 in der Fig. 10) ermittelt werden. Damit können nachfolgende Induktionsmodulköpfe 12 hinter dem mittleren Temperaturscanner 40 zur Steuerung/Regelung einer symmetrischen Temperaturverteilung T_Z angewendet werden. - Das Verfahren kann sowohl mit dem einlaufenden Temperaturscanner 40 als einzigen Temperaturscanner 40 als auch dem auslaufenden Temperaturscanner 40 als einzigen Temperaturscanner 40 arbeiten. Natürlich sind auch beide Temperaturscanner 40, 40 anwendbar. Der mittlere Temperaturscanner 40 (in Fig. 10 in Klammern) kann in allen Ausführungsbeispielen angewendet werden, kann aber auch weggelassen sein.

Bezugszeichenliste

[0066]

- | | | |
|----|----|---|
| 5 | 1 | Induktionsofen, Induktionserwärmer einer Walzanlage, z. B. einer Walzanlage einer Stahlband-Herstellanlage z. B. zur Endlosbandproduktion |
| | 2 | Zwischenband der Walzanlage |
| 10 | 10 | Induktionsmodul, bevorzugt Querfeld-Induktionsmodul |
| | 12 | Induktionsmodulkopf |
| | 13 | geschlossener Endbereich |
| | 14 | offener Mittenbereich |
| 15 | | |
| | 22 | Bandkante, Randbereich des Zwischenbands 2 |
| | 30 | Seitenführung, insbesondere Seitenführungsrolle |
| 20 | 40 | Temperaturscanner |
| | I | Spulenstrom |
| | Lr | Längsrichtung des Zwischenbands 2 |
| 25 | Qr | Querrichtung des Zwischenbands 2 |
| | MI | Induktionsofen-Mittellinie |
| | MZ | Zwischenband-Mittellinie |
| | TZ | Temperaturverteilung, Wärmenergieverteilung des Zwischenbands 2 |
| 30 | | |
| | Tr | Trendlinie |

35 Patentansprüche

1. Verfahren zum Erwärmen, insbesondere Wiedererwärmen, eines Zwischenbands (2) beim Herstellen eines Flachbands, wobei

das Zwischenband (2) durch Induktionsmodulköpfe (12) von Induktionsmodulen (10) eines Induktionsofens (1), insbesondere einer Walzanlage bevorzugt einer Stahlband-Herstellanlage, erwärmt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Induktionsmodulköpfe (12) gemäß wenigstens eines aktuellen Parameters des Zwischenbands (2) am/im Induktionsofen (1) mechanisch angestellt werden.
2. Verfahren gemäß vorhergehendem Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** gemäß des wenigstens einen Parameters des Zwischenbands (2), das Anstellen von Induktionsmodulköpfen (12) des Induktionsofens (1) derart erfolgt, dass sich an wenigstens einer Position im/am Induktionsofen (1), in Querrichtung (Qr) am/im Zwischenband (2) bezüglich der Zwischenband-Mittellinie (M_Z) eine

sich über die Zeit symmetrisierende Wärmenergieverteilung (T_Z) des laufenden Zwischenbands (2) einstellt.

3. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** gemäß des wenigstens einen Parameters des Zwischenbands (2), in der zeitlichen Folge an der wenigstens einen Position im/am Induktionsofen (1), durch das Anstellen von Induktionsmodulköpfen (12) beabsichtigt versucht wird:

- diese Wärmenergieverteilung (T_Z) des Zwischenbands (2) in ihrer vorläufigen Symmetrie zu erhalten oder diese vorläufige Symmetrie weiter zu symmetrisieren,
- diese Wärmenergieverteilung (T_Z) des Zwischenbands (2) in Querrichtung (Q_r) am/im Zwischenband (2) zu vergleichmäßigen, und/oder
- eine Wärmenergie einer Bandkante (22) des Zwischenbands (2) an eine Wärmenergie der Zwischenband-Mittellinie (M_Z) anzugleichen.

4. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Parameter des Zwischenbands (2)

eine im Wesentlichen aktuelle Aussage über das aktuelle Zwischenband (2) am/im Induktionsofen (1) und/oder an/in der Walzanlage widerspiegelt, und/oder
keine lediglich generelle Aussage über den Induktionsofen (1) selbst und/oder die Walzanlage selbst darstellt.

5. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Parameter des Zwischenbands (2) :

- keine ausschließlich geometrische Aussage über den Induktionsofen (1) selbst und/oder die Walzanlage selbst,
- keine Mittellinie (M_I) oder keine Querbegrenzung des Zwischenbands (2) im Induktionsofen (1) selbst und/oder in der Walzanlage selbst,
- eine geometrische Lage des Zwischenbands (2) innerhalb der Walzanlage und/oder des Induktionsofens (1), und/oder
- eine Wärmenergieverteilung (T_Z) des Zwischenbands (2) in Querrichtung (Q_r) des Zwischenbands (2) an/in der Walzanlage und/oder am/im Induktionsofen (1)

widerspiegelt.

6. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Parameter des Zwischenbands (2) die Zwischenband-

Mittellinie (M_Z) im Induktionsofen (1) widerspiegelt, wobei:

- in den Parameter des Zwischenbands (2) ein anderweitiger Wert, insbesondere ein anderweitiger aktueller Messwert, eingeht,
- in den Parameter des Zwischenbands (2) eine aktuelle Wärmenergieverteilung (T_Z) des Zwischenbands (2) eingeht,
- der Parameter des Zwischenbands (2) im Wesentlichen ausschließlich die Zwischenband-Mittellinie (M_Z) repräsentiert, und/oder
- die Zwischenband-Mittellinie (M_Z) durch eine Mittelinienenerfassung erfasst wird.

7. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**:

- die Zwischenband-Mittellinie (M_Z) im Induktionsofen (1) aus einem aktuellen Anstellen von genau/wenigstens einer, genau/wenigstens zwei oder genau/wenigstens vier Seitenführungsrollen (30) an das Zwischenband (2) ermittelt wird,
- eine aktuelle Anstellung einer Seitenführungsrolle (30) aus einer Kraftregelung der Seitenführungsrolle (30) entnommen/erhalten wird, und/oder
- aus einem aktuellen Anstellen von Seitenführungsrollen (30) ein paralleler und/oder ein gewinkeltes aktuelles Versetzen der Zwischenband-Mittellinie (M_Z) gegenüber der Induktionsofen-Mittellinie (M_I) ermittelt wird.

8. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Parameter des Zwischenbands (2) eine Wärmenergieverteilung (T_Z) des Zwischenbands (2) am/im Induktionsofen (1) widerspiegelt, wobei:

- in den Parameter des Zwischenbands (2) ein anderweitiger Wert, insbesondere ein anderweitiger aktueller Messwert, eingeht,
- in den Parameter des Zwischenbands (2) eine aktuelle Zwischenband-Mittellinie (M_Z) eingeht,
- der Parameter des Zwischenbands (2) im Wesentlichen ausschließlich die Wärmenergieverteilung (T_Z) des Zwischenbands (2) repräsentiert, und/oder
- die Wärmenergieverteilung (T_Z) des Zwischenbands (2) durch eine Temperaturermittlung, insbesondere einen Temperaturscanner (40), erfasst wird.

9. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die aktuelle Wärmenergieverteilung (T_Z) des Zwischenbands (2) in Querrichtung (Q_r) ermittelt wird, und

aus der Wärmeenergieverteilung (T_Z) eine aktuelle Trendlinie (Tr) ermittelt wird, welche einen aktuellen Symmetriegrad der Wärmeenergieverteilung (T_Z) des Zwischenbands (2) in Querrichtung (Qr) widerspiegelt, wobei anhand dieser aktuellen Trendlinie (Tr), Induktionsmodulköpfe (12) des Induktionsofens (1) derart angestellt werden, dass sich der aktuelle Symmetriegrad der Wärmeenergieverteilung (T_Z) des Zwischenbands (2) in Querrichtung (Qr) symmetrisiert oder wenigstens nicht asymmetrisiert.

10. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine einlaufende, aktuelle Wärmeenergieverteilung (T_Z) des Zwischenbands (2) in Querrichtung (Qr) vor dem eigentlichen und/oder in dem vorderen Induktionsofen (1) ermittelt wird, wobei aus dieser Wärmeenergieverteilung (T_Z)

eine erforderliche elektrische Leistung des Induktionsofens (1), eine erforderliche elektrische Leistungsverteilung innerhalb des Induktionsofens (1) und/oder eine erforderliche Stellung von Induktionsmodulköpfen (12) in Querrichtung (Qr) ermittelt wird, wobei die Induktionsmodulköpfe (12) bevorzugt zunächst derart intendiert angestellt werden sollen, dass eine in den Induktionsofen (1) einlaufende Asymmetrie einer Temperaturverteilung (T_Z) des einlaufenden Zwischenbands (2) kompensiert wird.

11. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine auslaufende, aktuelle Wärmeenergieverteilung (T_Z) des Zwischenbands (2) in Querrichtung (Qr) in dem hinteren und/oder hinter dem eigentlichen Induktionsofen (1) ermittelt wird, wobei aus dieser Wärmeenergieverteilung (T_Z)

eine aktuelle Trendlinie (Tr) ermittelt wird, welche einen aktuellen Symmetriegrad der Wärmeenergieverteilung (T_Z) des Zwischenbands (2) in Querrichtung (Qr) widerspiegelt, und die Induktionsmodulköpfe (12) aufgrund der Trendlinie (Tr) derart angestellt werden, dass eine Asymmetrie einer Temperaturverteilung (T_Z) des auslaufenden Zwischenbands (2) kompensiert wird, wobei bevorzugt eine einlaufende, aktuelle Wärmeenergieverteilung (T_Z) des Zwischenbands (2) in Querrichtung (Qr) berücksichtigt wird.

12. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren derart betrieben wird, dass sich eine aktuelle

Trendlinie (Tr) einer aktuellen Wärmeenergieverteilung (T_Z) des Zwischenbands (2), einer gewünschten Trendlinie (Tr) annähert.

13. Anlagensteuerung für einen Induktionsofen, eine Walzanlage oder eine Stahlband-Herstellanlage insbesondere zur Endlosbandproduktion, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch die Anlagensteuerung ein Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche durchführbar ist und/oder durchgeführt wird.

14. Induktionsofen (1), Walzanlage oder Stahlband-Herstellanlage insbesondere zur Endlosbandproduktion, **dadurch gekennzeichnet, dass**

der Induktionsofen (1), die Walzanlage oder die Stahlband-Herstellanlage eine Anlagensteuerung gemäß vorhergehendem Anspruch aufweist, und/oder durch den Induktionsofen (1), die Walzanlage oder die Stahlband-Herstellanlage ein Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche durchführbar ist und/oder durchgeführt wird.

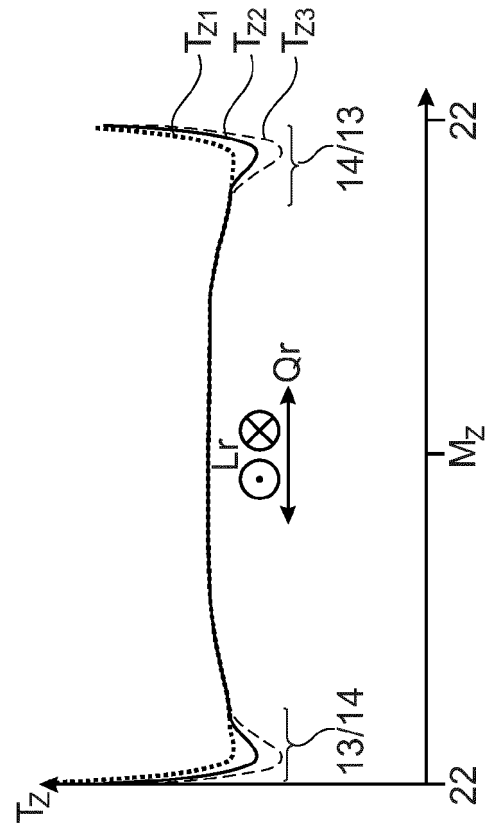


Fig. 1

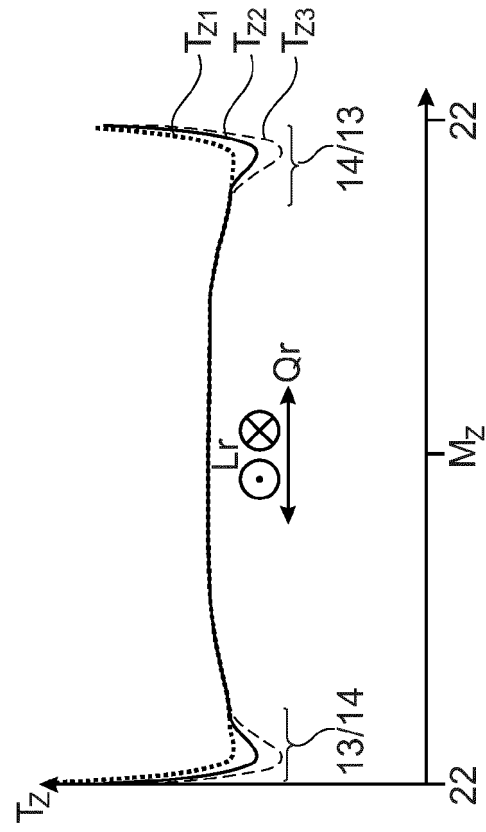


Fig. 2

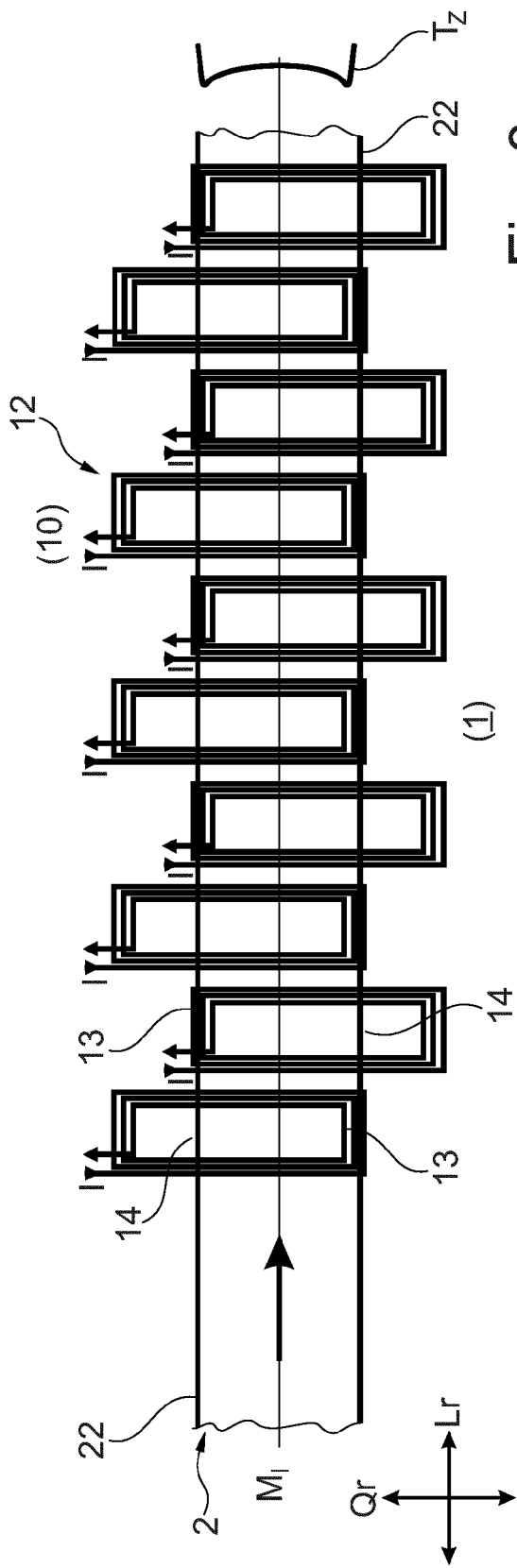


Fig. 3
(Stand der Technik)

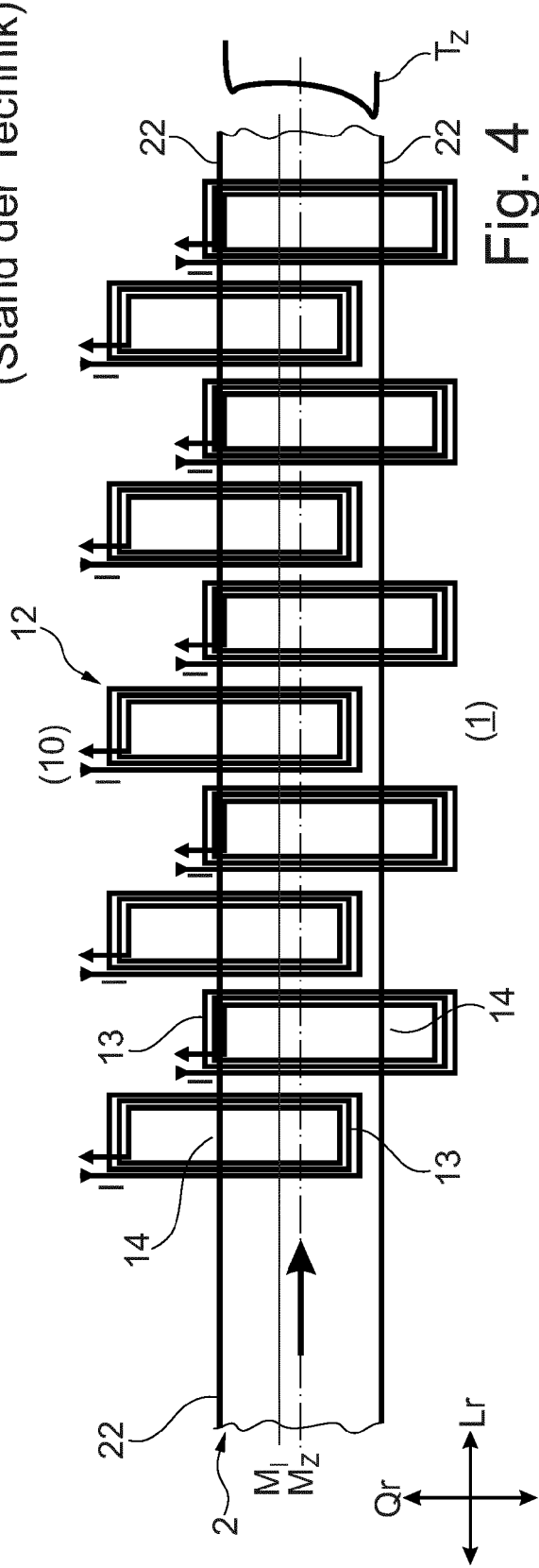


Fig. 4
(Stand der Technik)

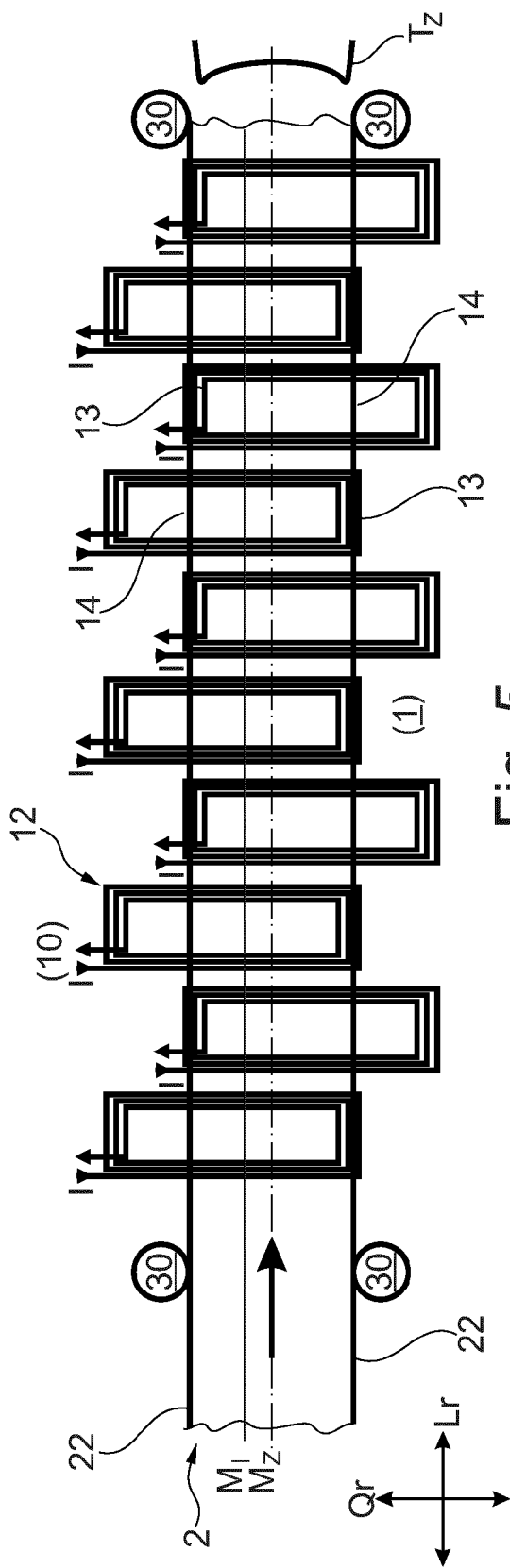


Fig. 5

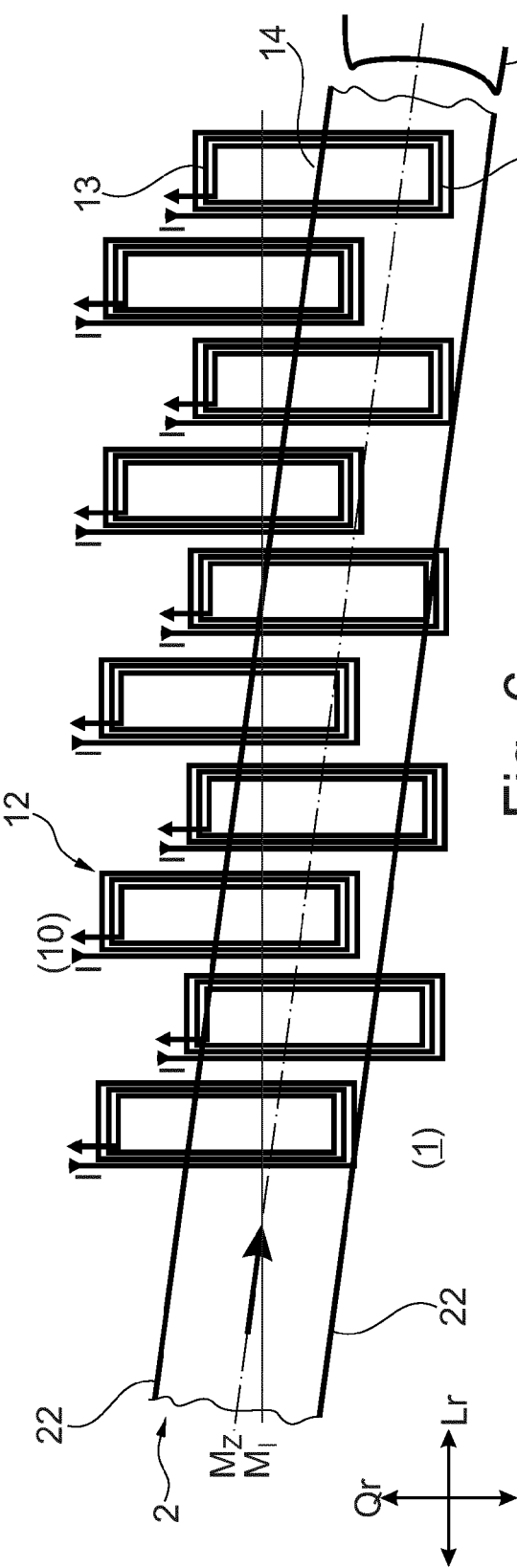
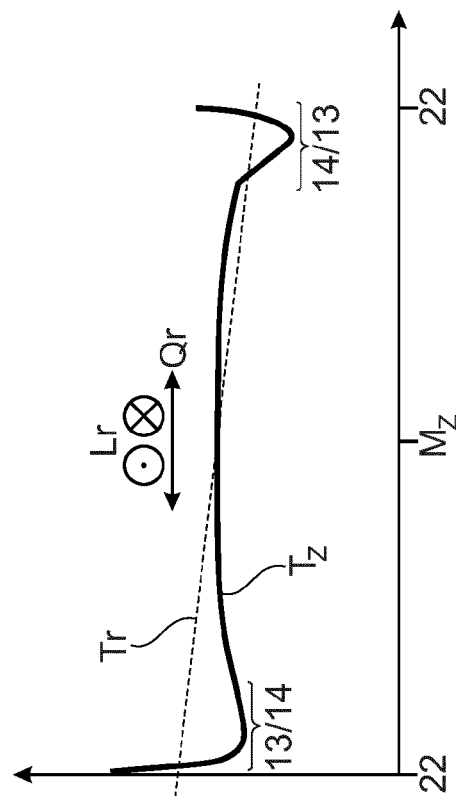
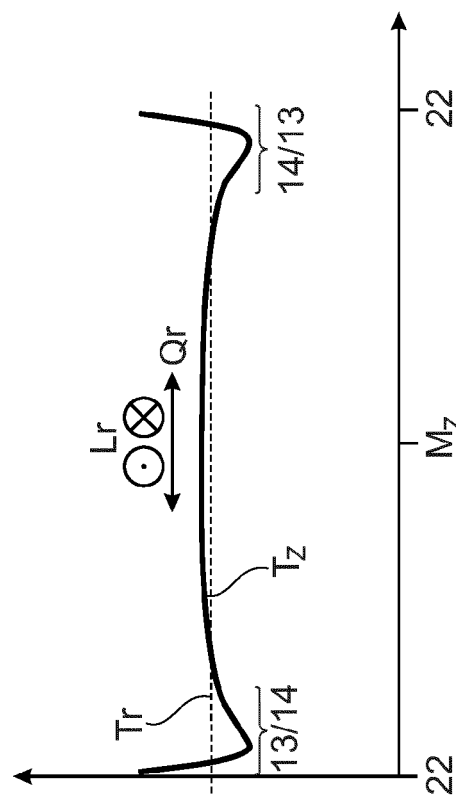
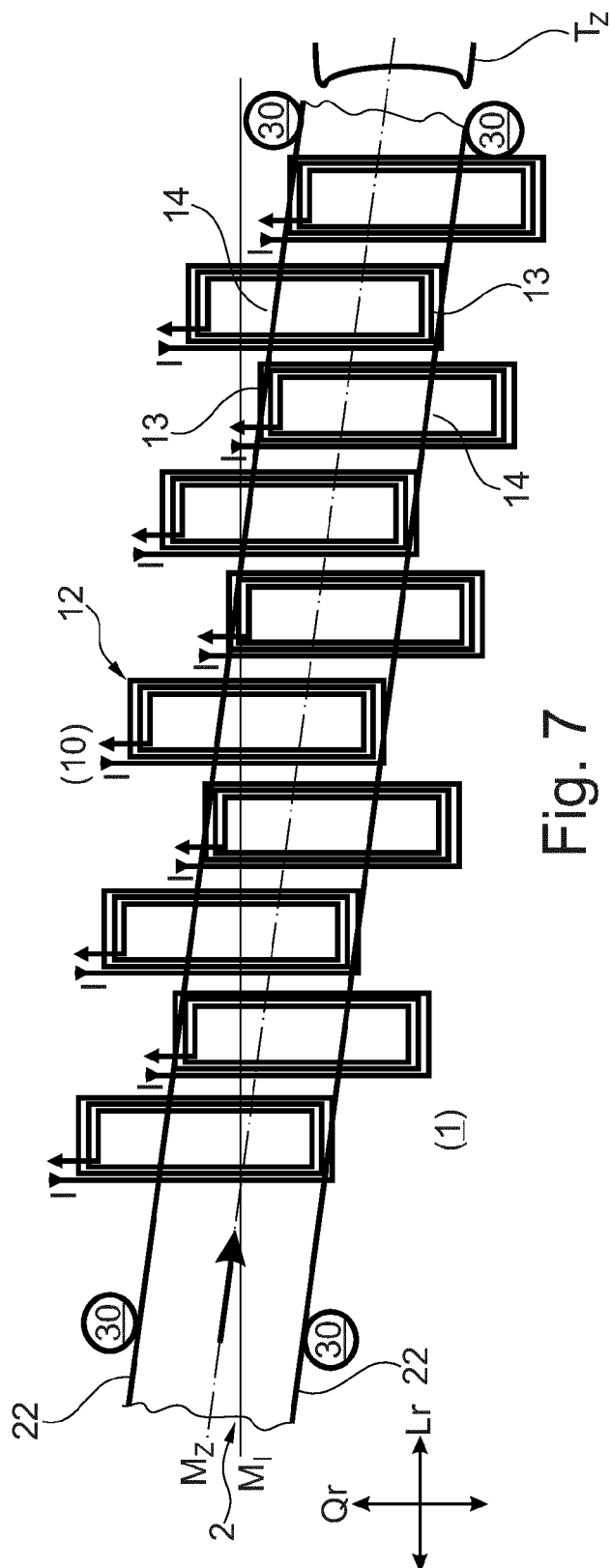


Fig. 6
(Stand der Technik)



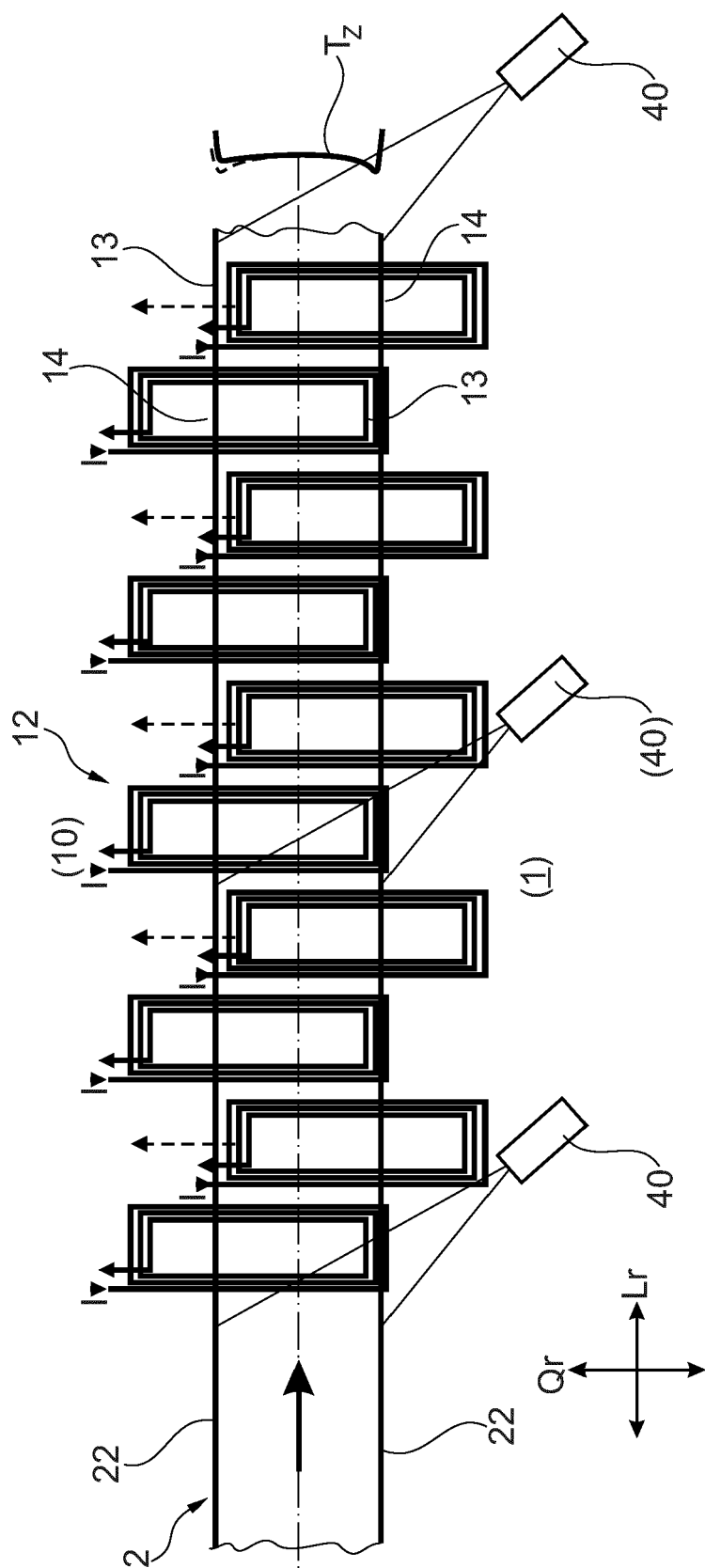


Fig. 10



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 21 6967

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

3

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)
X	EP 2 287 345 A1 (SIEMENS AG [DE]) 23. Februar 2011 (2011-02-23) * Zusammenfassung *	1, 14	INV. C21D1/10 B22D11/12 C21D1/42 C21D1/52 F27B9/28 F27B9/36 F27B9/40 F27D19/00 F27D99/00
X	JP S62 13526 A (KAWASAKI STEEL CO) 22. Januar 1987 (1987-01-22) * Zusammenfassung *	1-14	
X	JP 2007 237240 A (NIPPON STEEL CORP) 20. September 2007 (2007-09-20) * Zusammenfassung *	1-14	
A	EP 2 028 281 A1 (MUHR & BENDER KG [DE]) 25. Februar 2009 (2009-02-25) * Zusammenfassung *	1-14	
A	EP 1 854 336 A1 (NIPPON STEEL CORP [JP]) 14. November 2007 (2007-11-14) * Zusammenfassung *	1-14	
A	CN 113 578 982 A (SHOUGANG Jingtang United Iron & Steel Co Ltd) 2. November 2021 (2021-11-02) * Zusammenfassung *	1-14	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) C21D F27D B22D F27B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 9. Juni 2023	Prüfer Vermeulen, Yves
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 22 21 6967

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

09-06-2023

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM P0461

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
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
JP S6213526 A	22-01-1987	JP H0759722 B2	28-06-1995
		JP S6213526 A	22-01-1987
JP 2007237240 A	20-09-2007	JP 4786375 B2	05-10-2011
		JP 2007237240 A	20-09-2007
EP 2028281 A1	25-02-2009	DE 102007039279 B3	02-01-2009
		EP 2028281 A1	25-02-2009
		US 2009050622 A1	26-02-2009
EP 1854336 A1	14-11-2007	AU 2006215074 A1	24-08-2006
		AU 2006215075 A1	24-08-2006
		BR PI0607427 A2	08-09-2009
		BR PI0607428 A2	08-09-2009
		CA 2597529 A1	24-08-2006
		CA 2597530 A1	24-08-2006
		EP 1854335 A1	14-11-2007
		EP 1854336 A1	14-11-2007
		KR 20070111520 A	21-11-2007
		KR 20070112173 A	22-11-2007
		RU 2357383 C1	27-05-2009
		RU 2358417 C1	10-06-2009
		TW I276689 B	21-03-2007
		TW I326713 B	01-07-2010
		US 2008264932 A1	30-10-2008
		WO 2006088067 A1	24-08-2006
		WO 2006088068 A1	24-08-2006
CN 113578982 A	02-11-2021	KEINE	

EPO FORM P0461

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