



(10) **DE 10 2015 114 136 A1** 2017.03.02

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2015 114 136.1**

(22) Anmeldetag: **26.08.2015**

(43) Offenlegungstag: **02.03.2017**

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

(71) Anmelder:
SMS Elotherm GmbH, 42897 Remscheid, DE

(74) Vertreter:
**COHAUSZ & FLORACK Patent- und
Rechtsanwälte Partnerschaftsgesellschaft mbB,
40211 Düsseldorf, DE**

(72) Erfinder:
**Jürgens, Robert, 42855 Remscheid, DE; Dappen,
Stefan, Dr., 50737 Köln, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

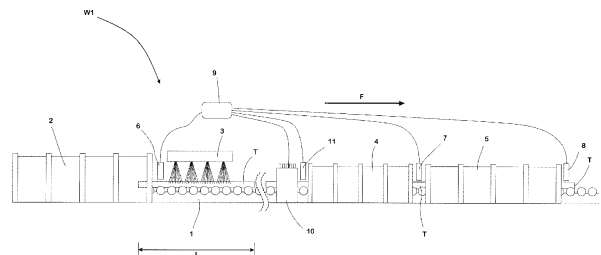
DE	696 23 210	T2
WO	86/ 05 820	A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Wärmebehandeln eines Metalllangprodukts**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Wärmebehandeln eines Metalllangprodukts (T), bei dem das Metalllangprodukt (T) im Zuge der Wärmebehandlung mindestens zwei im Durchlauf absolvierte Wärmebehandlungsschritte durchläuft, bei denen das Metalllangprodukt (T) erwärmt wird. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren, das mindestens zwei Wärmebehandlungsschritte umfasst, ist es möglich, Metalllangprodukte (T) mit ungleichförmiger Masseverteilung und ohne Kenntnis dieser Masseverteilung über ihre Länge (L) gleichmäßig zu erwärmen. Dies wird dadurch erreicht, dass die im ersten Wärmebehandlungsschritt erzielte Temperaturverteilung des Metalllangprodukts (T) über dessen Länge (L) erfasst wird, dass Abweichungen der Temperaturverteilung von einer dem ersten Wärmebehandlungsschritt zugeordneten Sollverteilung der Temperatur ermittelt werden und dass im zweiten Wärmebehandlungsschritt die Wärmezufuhr unter Berücksichtigung der für den ersten Wärmebehandlungsschritt ermittelten Abweichungen so geregelt wird, dass die über die Länge (L) des Metalllangprodukts (T) gemessene Temperaturverteilung einer dem zweiten Wärmebehandlungsschritt zugeordneten Sollverteilung entspricht.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Wärmebehandeln eines Metalllangprodukts, bei dem das Metalllangprodukt im Zuge der Wärmebehandlung mindestens zwei im Durchlauf absolvierte Wärmebehandlungsschritte durchläuft, bei denen das Metalllangprodukt erwärmt wird.

[0002] Verfahren dieser Art werden beispielsweise bei der Herstellung von Rohren eingesetzt, die im praktischen Einsatz hohen Anforderungen an ihre Festigkeit und ihr Dehnungsverhalten ausgesetzt sind. Jedoch werden auch gewalzte Metalllangprodukte, wie Metallbänder oder -bleche, zur Einstellung ihrer Eigenschaften wärmebehandelt.

[0003] Allgemein werden unter dem Begriff "Metalllangprodukt" hier alle aus Metall, insbesondere Stahl, bestehende Produkte verstanden, deren Länge sehr viel größer ist als ihre Breite und Höhe oder ihr Durchmesser. Typische Beispiele für Langprodukte sind die schon erwähnten Rohre sowie Stangen, sonstige Profile und desgleichen. Auch weisen durch Warm- oder Kaltwalzen erzeugte Metallflachprodukte, wie Metallbänder oder -bleche, jeweils eine Länge auf, die wesentlich größer ist als ihre Breite und Dicke.

[0004] Um eine hohe Produktivität zu erzielen, werden die einzelnen Wärmebehandlungsschritte im kontinuierlichen Durchlauf durchgeführt, indem die jeweils wärmezubehandelnden Produkte durch eine entsprechend eingerichtete Erwärmungseinrichtung geleitet werden. Zu diesem Zweck werden in der Praxis Öfen eingesetzt, in denen das Metalllangprodukt auf seinem Weg durch den Ofen auf die jeweilige Solltemperatur erwärmt und erforderlichenfalls gehalten wird.

[0005] Als Alternative zu Öfen, in denen der Temperaturanstieg des Metalllangprodukts durch Strahlungswärme erzielt wird, haben sich induktive Erwärmungseinrichtungen bewährt. Bei diesen Einrichtungen werden die zu erwärmenden Produkte einem magnetischen Wechselfeld ausgesetzt, das im Produkt Wirbelströme erzeugt. Infolgedessen entsteht Wärme unmittelbar im Metalllangprodukt. Dies erlaubt eine besonders genaue und schnelle Erwärmung auf die jeweilige Solltemperatur.

[0006] Voraussetzung dafür, dass durch die Wärmebehandlung eine über die Länge des jeweils wärmezubehandelnden Metalllangprodukts gleichmäßige Eigenschaftsverteilung erzielt wird, ist, dass die durch die Wärmebehandlung eingestellte Temperatur des Langprodukts über dessen Länge des Produkts gleich ist. Praktische Erfahrungen zeigen hier, dass es bei Durchlauferwärmung von Metalllangprodukten, die eine beträchtliche Wandstärke besitzen, zu einem ungleichförmigen Temperaturverlauf über

die Länge der Produkte kommen kann. Dies zeigt sich insbesondere dann, wenn eine induktive Durchlauferwärmung angewendet wird.

[0007] Die das Erwärmungsergebnis beeinträchtigenden Masseschwankungen können aus Durchmesserschwankungen oder Wandstärkenschwankungen ("Massestörungen") bei den jeweiligen Langprodukten resultieren.

[0008] Trotz der negativen Auswirkungen, die eine ungleichförmige Erwärmung auf die Eigenschaftsverteilung haben kann, wird es nach heutiger Praxis regelmäßig als ausreichend angesehen, wenn die jeweilige Erwärmungstemperatur lokal mit großer Toleranz dem vorgegebenen Sollwert entspricht. So wird beim induktiven Erwärmen die Wärmebehandlung üblicherweise so eingestellt, dass die induzierte Leistung bei Nennmasse (Nenndurchmesser, Nennwandstärke) des zu erwärmenden Metalllangprodukts die geforderte Erwärmung ergibt.

[0009] Vor dem Hintergrund des Standes der Technik bestand die Aufgabe der Erfindung darin, ein Verfahren, das mindestens zwei Wärmebehandlungsschritte umfasst, vorzuschlagen, mit dem es möglich ist, Metalllangprodukte mit ungleichförmiger Masseverteilung und ohne Kenntnis dieser Masseverteilung über ihre Länge gleichmäßig zu erwärmen.

[0010] Die Erfindung hat diese Aufgabe dadurch gelöst, dass bei der Wärmebehandlung eines Metalllangprodukts in der in Anspruch 1 angegebenen Weise vorgegangen wird.

[0011] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben und werden nachfolgend wie der allgemeine Erfindungsgedanke im Einzelnen erläutert.

[0012] Beim erfindungsgemäßen Verfahren zum Wärmebehandeln eines Metallprodukts durchläuft das Metalllangprodukt somit mindestens zwei im Durchlauf absolvierte Wärmebehandlungsschritte, bei denen das Metalllangprodukt jeweils erwärmt wird.

[0013] Erfindungsgemäß wird nun die im ersten Wärmebehandlungsschritt erzielte Temperaturverteilung des Metalllangprodukts über die Länge des Metalllangprodukts erfasst und es werden Abweichungen der erfassten Temperaturverteilung von einer dem ersten Wärmebehandlungsschritt zugeordneten Sollverteilung der Temperatur ermittelt. Im zweiten Wärmebehandlungsschritt wird dann die Wärmezufuhr unter Berücksichtigung der für den ersten Wärmebehandlungsschritt ermittelten Abweichungen so geregelt, dass die über die Länge des Metalllangprodukts gemessene Temperaturverteilung einer

dem zweiten Wärmebehandlungsschritt zugeordneten Sollverteilung entspricht.

[0014] Im ersten Arbeitsschritt des erfindungsgemäßen Verfahrens wird somit die Temperatur des Produktes nach dem ersten Wärmebehandlungsschritt gemessen. Die erfasste Temperatur wird ausgewertet und dabei über im Hinblick auf die angestrebte Eigenschaftsverteilung im Metalllangprodukt unschädlichen Toleranzbereich hinausgehende stärkere Schwankungen nach oben und unten als Abweichungen von dem Solltemperaturverlauf ermittelt. Hierzu wird die an der jeweiligen Längenposition des Produktes gemessene Temperatur mit einer der betreffenden Längenpositionen zugeordneten Solltemperatur verglichen und über eine bestimmte Toleranz hinausgehende Abweichungen als für die weitere Vorgehensweise relevant gekennzeichnet.

[0015] Denkbar, aber nicht notwendig, wäre es, aus dem erfindungsgemäß nach der ersten Erwärmung erfassten Temperaturverlauf und den daraus ermittelten Abweichungen vom jeweiligen Solltemperaturverlauf die am Metalllangprodukt vorhandenen lokale(n) Massenschwankung(en) unter Berücksichtigung des Zusammenhangs zwischen Erwärmung und Masse zu bestimmen und so ein Protokoll zu erzeugen, welches zur Qualitätssicherung in die bei der Formgebung des Metalllangproduktes durchgeführten Arbeitsschritte einfließen könnte. Jedoch wird diese Information für die erfindungsgemäßen Zwecke nicht benötigt.

[0016] Aufbauend auf dem Ergebnis des Abgleichs eines für den ersten Wärmebehandlungsschritt erfassten Temperaturverlaufs mit einem der ersten Wärmebehandlung zugeordneten Solltemperaturverlauf wird die Wärmezufuhr im nachfolgend absolvierten Wärmebehandlungsschritt so geregelt, dass die sich im ersten Schritt in signifikanten Temperaturschwankungen niederschlagenden signifikanten Ungleichförmigkeiten der Masseverteilung des Bauteils bei der im zweiten Wärmebehandlungsschritt erfolgenden Erwärmung von vornherein ausgeglichen werden. Auf diese Weise ist gewährleistet, dass das Metalllangprodukt den zweiten Erwärmungsschritt trotz einer möglicherweise vorhandenen Massenstörung eine über seine Länge gleichmäßige Temperatur und damit einhergehend gleichförmige Eigenschaftsverteilung besitzt.

[0017] Grundsätzlich ist es denkbar, die erfindungsgemäß im Fall eines durch eine Massenstörung ausgelösten entsprechenden Bedarfs zuzuführende zusätzliche Wärmemenge durch eine entsprechende Regelung der im zweiten Wärmebehandlungsschritt eingesetzten Erwärmungseinrichtung in das Metallprodukt einzubringen. Stehen entsprechend schnell reagierende und leistungsfähige Heizeinrichtungen nicht zur Verfügung, so lässt sich die erfindungsge-

mäße Vorgehensweise praxisgerecht und mit geringem Aufwand dadurch realisieren, dass das Metalllangprodukt im zweiten Wärmebehandlungsschritt eine Erwärmungseinrichtung durchläuft, in der ihm eine Grundwärmemenge zugeführt wird, die bei einer über die Länge des Metalllangprodukts konstanter Massenverteilung für eine Erwärmung auf eine Solltemperatur ausreicht, und dass das Metalllangprodukt im zweiten Wärmeschritt durch eine zusätzliche Erwärmungseinrichtung geleitet wird, in der ihm bedarfsweise eine zusätzliche Wärmemenge zugeführt oder die zugeführte Wärmemenge abgesenkt wird, um unter Berücksichtigung der für den ersten Wärmebehandlungsschritt ermittelten Abweichungen im zweiten Wärmebehandlungsschritt einen Temperaturverlauf im Metalllangprodukt zu erhalten, der dem diesem zweiten Wärmebehandlungsschritt zugeordneten Solltemperaturverlauf entspricht.

[0018] Bei dieser Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorgehensweise wird die aus der Messung nach der ersten Wärmebehandlung gewonnene Orts- und Temperaturinformation unter Benutzung einer Weg- und Produktverfolgung genutzt, um mit Hilfe einer funktional eigenständigen Einrichtung für die Zusatzerwärmung die in der ersten Messung aufgefundenen Abweichungen vom Solltemperaturverlauf auszugleichen. Die Anforderungen an die Leistungsfähigkeit und bauliche Ausgestaltung der Zusatzerwärmungseinrichtung ergeben sich dabei aus der am Metalllangprodukt zu erwartenden Ausdehnung der Massenstörung.

[0019] Bei Rohren, Profilen, Stangen und vergleichbar geformten Langprodukten, bei denen schon bei der Formgebung erheblicher Aufwand für die Gleichförmigkeit der Dickenverteilung getrieben wird, wird die Länge, über die eine Massenstörung auftritt und damit einhergehend die Strecke, über die die zusätzliche Wärmemenge zugeführt bzw. die zugeführte Wärmemenge abgesenkt werden muss, vergleichbar kurz sein. Dies verlangt nach einer schnell reagierenden, exakt regelbaren Erwärmungseinrichtung. Diese Anforderung kann dadurch erfüllt werden, dass mindestens für die Zufuhr der zusätzlichen Wärmemenge im zweiten Wärmebehandlungsschritt eine Einrichtung zur induktiven Erwärmung eingesetzt wird. Die induktiv erfolgende erfindungsgemäße Zusatzerwärmung dient dabei allein dem Temperatenausgleich und ist im Vergleich zur Leistung, die für die Grunderwärmung im ersten und zweiten Wärmebehandlungsschritt benötigt wird, gering.

[0020] Dabei ergänzt die durch die Zusatzerwärmung eingebrachte Leistung die im zweiten Schritt eingebrachte Wärmemenge. Die für die zusätzliche, optimalerweise induktiv arbeitende Erwärmungseinrichtung vorzusehende Leistung kann somit, zumindest in gewissen Umfang, bei der für die Grunderwär-

mung im zweiten Arbeitsschritt benötigten Leistung eingespart werden.

[0021] Der erfindungsgemäß bewirkte Ausgleich von in einem vorangegangenen Wärmebehandlungsschritt festgestellten Temperaturabweichung kann nicht nur in Form einer kurzfristigen, auf die jeweilige Längenposition bezogene Temperaturerhöhung durch Zufuhr einer zusätzlichen Wärmemenge, sondern auch durch eine entsprechende Absenkung der zugeführten Wärmemenge erfolgen, wenn die Temperaturabweichung in einer zu hohen Temperatur besteht.

[0022] In der Praxis kann dies dadurch auf einfache Weise umgesetzt werden, dass eine erfindungsgemäß vorgesehene zusätzliche Erwärmungseinrichtung so betrieben wird, dass sie stets einen bestimmten Mindestbeitrag zur Erwärmung liefert. Dann kann im Fall, dass eine zusätzliche Erwärmung benötigt wird, die durch die Erwärmungseinrichtung eingetragene Wärmemenge kurzfristig erhöht, oder, falls eine zu hohe Temperatur an der jeweiligen Längenposition vermieden werden soll, die eingetragene Wärmemenge kurzfristig abgesenkt werden.

[0023] Selbstverständlich können auch die Erwärmung im ersten Wärmebehandlungsschritt oder die Grunderwärmung im zweiten Erwärmungsschritt mittels einer entsprechend größer dimensionierten induktiven Erwärmungseinrichtung durchgeführt werden.

[0024] Die erfindungsgemäß durchgeführte Steuerung der Wärmemengenzufuhr kann an jeder geeigneten Stelle der zweiten Wärmebehandlung in das Metallangprodukt eingebracht werden. Beispielsweise kann es zweckmäßig sein, die Zufuhr der zusätzlichen Wärmemenge bzw. Absenkung der zugeführten Wärmemenge am Beginn des zweiten Wärmebehandlungsschritts vorzunehmen. Dies hat den Vorteil, dass das Metallangprodukt bereits an den hinsichtlich der Massenverteilung kritischen Stellen vorerwärmt ist, wenn es in die Grunderwärmung des zweiten Wärmebehandlungsschritts einläuft. Infolgedessen erreicht die Temperaturverteilung im Metallangprodukt bei der zweiten Wärmebehandlung schnell ein optimal gleichmäßiges Niveau.

[0025] In Fällen, in denen der zweite Wärmebehandlungsschritt in zwei oder mehrere Unterschritte unterteilt ist, wie es beispielsweise bei einem Anlassen mit anschließendem Halten der Fall ist, kann es aber auch zweckmäßig sein, wenn im Verlauf des zweiten Wärmebehandlungsschritts über die Länge des Metallangprodukts eine Zwischentemperatur erfasst wird und die Regelung der dem Metallangprodukt bedarfsweise zusätzlich zugeführten bzw. abgesenkten Wärmemenge zusätzlich in Abhängigkeit von der jeweils gemessenen Zwischentemperatur erfolgt.

[0026] Selbstverständlich ist es aber auch denkbar, die zwei oder mehr Unterschritte eines "zweiten Wärmebehandlungsschritts", der auf einen vorangehend durchgeführten "ersten Wärmebehandlungsschritt" folgt, als zwei Wärmebehandlungsschritte im Sinne des erfindungsgemäßen Verfahrens zu betrachten. Eine solche Situation kann sich immer dann ergeben, wenn ein Metallangprodukt zur Einstellung eines bestimmten Gefügezustands zunächst auf eine bestimmte Glühtemperatur erwärmt wird, dann abgekühlt und anschließend zur Optimierung seines Spannungs- oder Gefügezustands nochmals auf eine bestimmte niedrigere Temperatur erwärmt ("erster Unterschritt") und dort über einen bestimmten Zeitraum gehalten wird ("zweiter Unterschritt"). In einem solchen Fall kann der betreffende erste Unterschritt den ersten Wärmebehandlungsschritt und der zweite Unterschritt den zweiten Wärmebehandlungsschritt der erfindungsgemäßen Vorgehensweise darstellen. Die Temperaturzufuhr bzw. -absenkung im zweiten Unterschritt wird dann in erfindungsgemäßer Weise in Abhängigkeit von den Abweichungen vorgenommen, die der Vergleich des nach dem ersten Unterschritt erfassten Temperaturverlaufs von einem für den ersten Unterschritt vorgesehenen Sollverlauf ergibt.

[0027] Als weitere Ausgestaltung dieser Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens kann dem Metallangprodukt im zweiten Wärmebehandlungsschritt zunächst eine bestimmte Wärmemenge zugeführt, dann über die Länge des Metallangprodukts eine dabei jeweils erzielte weitere Zwischentemperatur des Metallangprodukts erfasst werden und schließlich unter Berücksichtigung der jeweiligen weiteren Zwischentemperatur und der für den ersten Wärmebehandlungsschritt ermittelten Abweichungen dem Metallangprodukt bedarfsweise die zusätzliche Wärmemenge zugeführt bzw. die zugeführte Wärmemenge abgesenkt werden.

[0028] Entscheidend ist für die Erfindung, dass die nach dem ersten Wärmebehandlungsschritt im Metallangprodukt vorliegende Wärmeverteilung über die Länge des Metallprodukts mit einer Genauigkeit erfasst wird, die ausreicht, um die ermittelten Abweichungen einer bestimmten Längenposition des Metallangprodukts zuzuordnen. Optimalerweise wird hierzu eine kontinuierlich über die Länge des Metallangprodukts sich erstreckende Temperaturmessung vorgenommen. Es ist jedoch auch denkbar, die Temperaturmessung an einer ausreichenden Anzahl von über die Länge des Metallangprodukts verteilten Messpunkten vorzunehmen, wenn die Messpunkte so dicht verteilt sind, dass ein ausreichend genaues Abbild des Temperaturverlaufs gewonnen wird.

[0029] Die erfindungsgemäße Vorgehensweise verlangt nicht, dass die Wärmebehandlungsschritte unmittelbar aufeinander folgen. Vielmehr können sie in

zeitlichem Abstand durchgeführt werden. So ist es beispielsweise möglich, das Metallangprodukt, wie schon erwähnt, nach der ersten Wärmebehandlung abzukühlen, weiteren Bearbeitungsschritten zu unterziehen und erst darauf folgend dem zweiten Wärmebehandlungsschritt zuzuführen.

[0030] Als besonders zweckmäßig erweist sich die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens bei der Wärmebehandlung von Metallangprodukten, die aus Stahl bestehen. Gerade bei aus Stahl bestehenden nahtlosen Rohren kommt es herstellungsbedingt zu lokalen Abweichungen der Wandstärke und damit zu Massenstörungen, die eine Ungleichförmigkeit bei der durch eine Wärmebehandlung bewirkten Temperaturentwicklung nach sich zieht.

[0031] Damit aus Stahl bestehende Metallangprofile die an ihre mechanischen Eigenschaften gestellten Anforderungen erfüllen, werden sie üblicherweise in einem ersten Wärmebehandlungsschritt auf eine oberhalb der Ar3-Umwandlungstemperatur ihres Stahls erwärmt, dann abgeschreckt und später einer Anlassbehandlung unterzogen, bei der sie zunächst auf die jeweilige Anlass Temperatur erwärmt und anschließend dort gehalten werden, bis die jeweils angestrebte Gefügeänderung sicher eingetreten ist.

[0032] Nachfolgend wird die Erfindung anhand einer Ausführungsbeispiele zeigenden Zeichnung näher erläutert. Deren Figuren zeigen jeweils schematisch:

[0033] Fig. 1 eine erste Linie zur Wärmebehandlung von nahtlosen, dickwandigen Rohren in seitlicher Ansicht;

[0034] Fig. 2 eine zweite Linie zur Wärmebehandlung von nahtlosen, dickwandigen Rohren in seitlicher Ansicht.

[0035] In den Wärmebehandlungslinien W1, W2 werden die wärmezubehandelnden, nahtlosen Rohre T auf einer Förderbahn 1 in Förderrichtung F im kontinuierlichen Durchlauf durch einen ersten Durchlaufofen 2, eine Abschreckeinheit 3, einen zweiten Durchlaufofen 4 und eine Haltestrecke 5 gefördert.

[0036] Im ersten konventionell ausgebildeten Durchlaufofen 2 werden die aus einem Stahl bestehenden Rohre T in einem ersten Wärmebehandlungsschritt auf eine Austenitisierungstemperatur Ar3 erwärmt, bei der der betreffende Stahl ein austenitisches Gefüge aufweist. Die so erwärmten, aus dem Durchlaufofen 2 austretenden Rohre T werden dann in der ebenfalls konventionellen Abschreckeinheit 3 auf Raumtemperatur abgeschreckt. Anschließend können sie optional hier nicht interessierende, üblicherweise bei der Verarbeitung von nahtlosen Rohren T durchgeführte weitere Arbeitsschritte durchlaufen, bis sie ei-

nem im zweiten Durchlaufofen 4 und der Haltestrecke 5 absolvierten zweiten Wärmebehandlungsschritt unterzogen werden.

[0037] Dieser zweite Wärmebehandlungsschritt gliedert sich in zwei Unterschritte, nämlich einer Erwärmung auf eine Anlass Temperatur im zweiten Durchlaufofen 4 und ein Halten bei der Haltetemperatur in der Haltestrecke 5.

[0038] Bei beiden Linien W1, W2 ist hinter dem ersten Durchlaufofen 2, dem zweiten Durchlaufofen 4 und der Haltestrecke 5 jeweils ein Pyrometer 6, 7, 8 angeordnet, mittels dessen eine kontinuierliche, sich über die Länge L der Rohre T erstreckende Temperaturmessung durchgeführt wird. Die Pyrometer 6, 7, 8 sind jeweils mit einer Auswert- und Regeleinrichtung 9 verkoppelt. Die Auswert- und Regeleinrichtung 9 ist darüber hinaus in an sich bekannter Weise mit einem System zur Verfolgung der Rohre T in der jeweiligen Linie W1, W2 ausgestattet, so dass in der Auswert- und Regeleinrichtung 9 jederzeit bekannt ist, wo sich die einzelnen Rohre T in der betreffenden Linie W1, W2 befinden.

[0039] Bei der in Fig. 1 gezeigten Linie W1 ist in Förderrichtung F vor dem zweiten Durchlaufofen 4 eine in konventioneller Weise ausgebildete induktiv arbeitende Erwärmungseinrichtung 10 angeordnet, die Steuersignale von der Auswert- und Regeleinrichtung 9 erhält.

[0040] Zusätzlich ist hier zwischen der induktiv arbeitenden Erwärmungseinrichtung 10 und dem Eingang des zweiten Durchlaufofens 4 ein weiteres Pyrometer 11 angeordnet, dass den Temperaturverlauf über die Länge L des jeweils aus der Erwärmungseinrichtung 10 austretenden und in den Durchlaufofen 4 eintretenden Rohrs T erfasst und ebenfalls an die Auswert- und Regeleinrichtung 9 liefert.

[0041] Die Erwärmungseinrichtung 10 wird im Normalbetrieb so betrieben, dass sie das jeweilige Rohr T auf eine bestimmte Eintrittstemperatur erwärmt, mit der es in den zweiten Durchlaufofen 4 eintritt.

[0042] Die Auswert- und Regeleinrichtung 9 vergleicht den vom Pyrometer 6 erfassten Temperaturverlauf mit einem für die Erwärmung im Durchlaufofen 2 vorgesehenen Solltemperaturverlauf und ermittelt dabei die Längenpositionen, an denen es beim jeweils untersuchten Rohr T zu über eine zulässige Toleranz hinausgehende Abweichungen der erfassten Temperatur von der der jeweiligen Längsposition zugeordneten Solltemperatur gekommen ist. Die Größen der für das jeweilige Rohr T ermittelten Abweichungen und die zugehörige Längenposition am jeweiligen Rohr T werden in einem Zwischenspeicher der Auswert- und Regeleinrichtung 9 dem Rohr T zugeordnet.

[0043] Durchläuft nun das betreffende Rohr T am Anfang des zweiten Wärmebehandlungsschritts die induktiv arbeitende Erwärmungseinrichtung **10**, so gibt die Auswert- und Regeleinrichtung **9** immer dann, wenn sich eine Längenposition, an der nach dem ersten Wärmebehandlungsschritt eine signifikante Temperaturabweichung vorlag, ein Steuersignal an die Erwärmungseinrichtung **10**. Im Fall, dass es sich bei der Abweichung um eine zu niedrige Temperatur handelt, erhöht die Erwärmungseinrichtung **10** daraufhin kurzfristig die in das Rohr T induzierte Leistung, um eine zusätzliche Erwärmung an der betreffenden Längenposition des Rohres T zu bewirken. Im Fall, dass es sich bei der Abweichung um eine zu hohe Temperatur handelt, senkt die Erwärmungseinrichtung **10** dagegen auf das Steuersignal hin die induzierte Leistung, um eine zu starke Erwärmung an der jeweiligen Längenposition des Rohres T zu vermeiden.

[0044] Mittels des Pyrometers **11** wird der nach der Erwärmungseinrichtung **10** vorliegende Temperaturverlauf über die Länge L des jeweiligen Rohres T erfasst. Stellt sich dabei beispielsweise heraus, dass die Längenposition, an der nach der Erwärmungseinrichtung **10** eine Temperaturabweichung vorliegt, von der Längenposition abweicht, für die die Auswert- und Regeleinrichtung **9** eine signifikante Abweichung ermittelt hat, steuert die Auswert- und Regeleinrichtung **9** die nachfolgend von der Erwärmungseinrichtung **10** vorgenommenen zusätzlichen Erwärmungen entsprechend nach.

[0045] Ebenso kann die Auswert- und Regeleinrichtung **9** eine Meldung über die festgestellte Abweichung machen oder ein Protokoll verfassen, anhand dessen mögliche Materialfehler oder Eigenschaftsabweichungen am fertig wärmebehandelten Rohr T nachgeprüft werden können.

[0046] Das in der Erwärmungseinrichtung **10** vorerwärmte Rohr T läuft in den Durchlaufofen **4** und wird dort auf die Anlasstemperatur erwärmt. Mittels des Pyrometers **7** wird am Ende des Durchlaufofens **4** nochmals der Temperaturverlauf über die Länge L des Rohres T erfasst. Die Auswert- und Regeleinrichtung **9** vergleicht auch den hier erfassten Temperaturverlauf mit einem für diese Stelle des zweiten Wärmebehandlungsschritts vorgesehenen Solltemperaturverlauf. Zeigt dieser Verlauf signifikante Abweichungen, so steuert die Auswert- und Regeleinrichtung **9**, wie oben schon im Zusammenhang mit der vom Pyrometer **11** durchgeführten Messung erläutert, die von der Erwärmungseinrichtung **10** vorgenommene zusätzliche Erwärmung entsprechend nach und meldet oder protokolliert die jeweilige Abweichung.

[0047] Nach der Erwärmung auf die Anlasstemperatur wird das jeweilige Rohr T in der Haltestrecke **5**

bei der Anlasstemperatur gehalten, bis es die Haltestrecke **5** verlässt und weiteren, hier nicht erläuterten Verarbeitungsschritten zugeführt wird. Auch am Ausgang der Haltestrecke **5** wird der Temperaturverlauf über die Länge des jeweiligen Rohrs T mittels des dort angeordneten Pyrometers **8** erfasst und an die Auswert- und Regeleinrichtung **9** gemeldet. Stellt diese nach wie vor signifikante Abweichungen vom für diese Stelle des zweiten Wärmebehandlungsschritts vorgesehenen Solltemperaturverlaufs fest, so steuert die Auswert- und Regeleinrichtung **9**, wie oben schon im Zusammenhang mit der von den Pyrometern **8** und **11** durchgeführten Messungen erläutert, die von der Erwärmungseinrichtung **10** vorgenommene Erwärmung entsprechend nach und meldet oder protokolliert die jeweilige Abweichung.

[0048] Abweichend von der in **Fig. 1** gezeigten Wärmebehandlungslinie W1 ist bei der in **Fig. 2** gezeigten Wärmebehandlungslinie W2 die induktiv arbeitende Erwärmungseinrichtung **10** mit dem Pyrometer **11** zwischen dem zweiten Durchlaufofen **4** und der Haltestrecke **5** angeordnet. Das Pyrometer **11** sitzt hier zwischen der Erwärmungseinrichtung **10** und dem Eingang der Haltestrecke **5**.

[0049] Wie bei der Wärmebehandlungslinie W1 wird bei der Wärmebehandlungslinie W2 mittels des Pyrometers **6** der Temperaturverlauf über die Länge der aus dem ersten Durchlaufofen **2** austretenden, auf Austenitisierungstemperatur Ar3 erwärmten Rohre T erfasst und daraus von der Auswert- und Regeleinrichtung **9** in der oben schon beschriebenen Weise die signifikanten Abweichungen vom dem Durchlaufofen **2** zugeordneten Solltemperaturverlauf ermittelt.

[0050] Nach der Abschreckung und den optional weiteren Arbeitsschritten laufen die Rohre T in den zweiten Durchlaufofen **4** und werden dort auf die Anlasstemperatur erwärmt. Das auch hier am Ende des Durchlaufofens **4** angeordnete Pyrometer **7** erfasst über die Länge der austretenden Rohre T den Temperaturverlauf und übermittelt diesen der Auswert- und Regeleinrichtung **9**. Diese vergleicht den erfassten Temperaturverlauf mit dem dem Durchlaufofen **4** zugeordneten Solltemperaturverlauf. Stellen sich dabei nach wie vor signifikante Abweichungen heraus, so gibt die Auswert- und Regeleinrichtung **9** ein entsprechendes Steuersignal an die Erwärmungseinrichtung **10** ab. Wie oben bereits im Zusammenhang mit der Linie W1 beschrieben, induziert diese daraufhin erforderlichenfalls eine zusätzliche Wärmemenge an der jeweiligen Längenposition in das jeweilige Rohr T oder senkt die induzierte Wärmemenge an der jeweiligen Längenposition ab.

[0051] Mittels des Pyrometers **11** wird das Ergebnis der so bewirkten zusätzlichen Erwärmung in der oben bereits beschriebenen Weise überprüft und erforderlichenfalls bei der nachfolgend an anderen Län-

genpositionen vorgenommenen zusätzlichen Erwärmung berücksichtigt.

[0052] Ebenfalls in der schon im Zusammenhang mit der Linie W1 beschriebenen Weise wird mittels des am Ende der Haltestrecke **5** angeordneten Pyrometers **8** auch bei der Linie W2 nochmals der Temperaturverlauf über die Länge der Rohre T erfasst, um mögliche Material- oder Eigenschaftsfehler zu detektieren und erforderlichenfalls den Gesamtprozess nachsteuern zu können.

Bezugszeichenliste

1	Förderbahn
2	erster Durchlaufofen
3	Abschreckeinheit
4	zweiter Durchlaufofen
5	Haltestrecke
6, 7, 8	Pyrometer
9	Auswert- und Regeleinrichtung
10	Erwärmungseinrichtung
11	Pyrometer
F	Förderrichtung
L	jeweilige Länge der Rohre T
T	nahtlose Rohre
W1, W2	Wärmebehandlungslinien

Patentansprüche

1. Verfahren zum Wärmebehandeln eines Metallangprodukts (T), bei dem das Metallangprodukt (T) im Zuge der Wärmebehandlung mindestens zwei im Durchlauf absolvierte Wärmebehandlungsschritte durchläuft, bei denen das Metallangprodukt (T) erwärmt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die im ersten Wärmebehandlungsschritt erzielte Temperaturverteilung des Metallangprodukts (T) über dessen Länge (L) erfasst wird, dass Abweichungen der Temperaturverteilung von einer dem ersten Wärmebehandlungsschritt zugeordneten Sollverteilung der Temperatur ermittelt werden und dass im zweiten Wärmebehandlungsschritt die Wärmezufuhr unter Berücksichtigung der für den ersten Wärmebehandlungsschritt ermittelten Abweichungen so geregelt wird, dass die über die Länge (L) des Metallangprodukts (T) gemessene Temperaturverteilung einer dem zweiten Wärmebehandlungsschritt zugeordneten Sollverteilung entspricht.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Metallangprodukt (T) im zweiten Wärmebehandlungsschritt eine Erwärmungseinrichtung (**4**) durchläuft, in der ihm eine Grundwärmemenge zugeführt wird, die bei einer über die Länge (L) des Metallangprodukts (T) konstanter Massenverteilung für eine Erwärmung auf eine Solltemperatur ausreicht, und dass das Metallangprodukt (T) im zweiten Wärmeschritt durch eine zusätzliche Erwärmungseinrichtung (**10**) geleitet wird, in der ihm be-

darfsweise eine zusätzliche Wärmemenge zugeführt oder die zugeführte Wärmemenge abgesenkt wird, um unter Berücksichtigung der für den ersten Wärmebehandlungsschritt ermittelten Abweichungen im zweiten Wärmebehandlungsschritt einen Temperaturverlauf im Metallangprodukt (T) zu erhalten, der dem diesem zweiten Wärmebehandlungsschritt zugeordneten Solltemperaturverlauf entspricht.

3. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens für die Zufuhr der zusätzlichen Wärmemenge im zweiten Wärmebehandlungsschritt eine Einrichtung (**10**) zur induktiven Erwärmung eingesetzt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zufuhr der zusätzlichen Wärmemenge am Beginn des zweiten Wärmebehandlungsschritts erfolgt.

5. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Verlauf des zweiten Wärmebehandlungsschritts über die Länge (L) des Metallangprodukts (T) eine Zwischentemperatur erfasst wird und dass die Regelung der dem Metallangprodukt (T) bedarfsweise zusätzlich zugeführten Wärmemenge zusätzlich in Abhängigkeit von der jeweils gemessenen Zwischentemperatur erfolgt.

6. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Metallangprodukt (T) im zweiten Wärmebehandlungsschritt zunächst eine bestimmte Wärmemenge zugeführt wird, dass über die Länge (L) des Metallangprodukts (T) eine dabei jeweils erzielte weitere Zwischentemperatur des Metallangprodukts (T) erfasst wird und dass unter Berücksichtigung der jeweiligen weiteren Zwischentemperatur und der für den ersten Wärmebehandlungsschritt ermittelten Abweichungen dem Metallangprodukt (T) bedarfsweise die zusätzliche Wärmemenge zugeführt wird.

7. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Metallangprodukt (T) zwischen dem ersten und dem zweiten Wärmebehandlungsschritt auf eine Temperatur abgekühlt wird, die niedriger ist als die niedrigste Temperatur des dem zweiten Wärmebehandlungsschritt zugeordneten Solltemperaturverlaufs.

8. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Metallangprodukt (T) ein Stahlprodukt ist.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Metallangprodukt ein Rohr (T), ein Vollprofil oder ein Trägerprofil ist.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Metalllangprodukt (T) im ersten Wärmebehandlungsschritt auf eine oberhalb der Ar3-Temperatur liegende Temperatur des Stahls erwärmt wird, aus dem das Metalllangprodukt (T) besteht.

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite Wärmebehandlung eine Anlassbehandlung ist.

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich an die Anlassbehandlung ein Halten des Metalllangprodukts (T) bei einer Solltemperatur anschließt.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

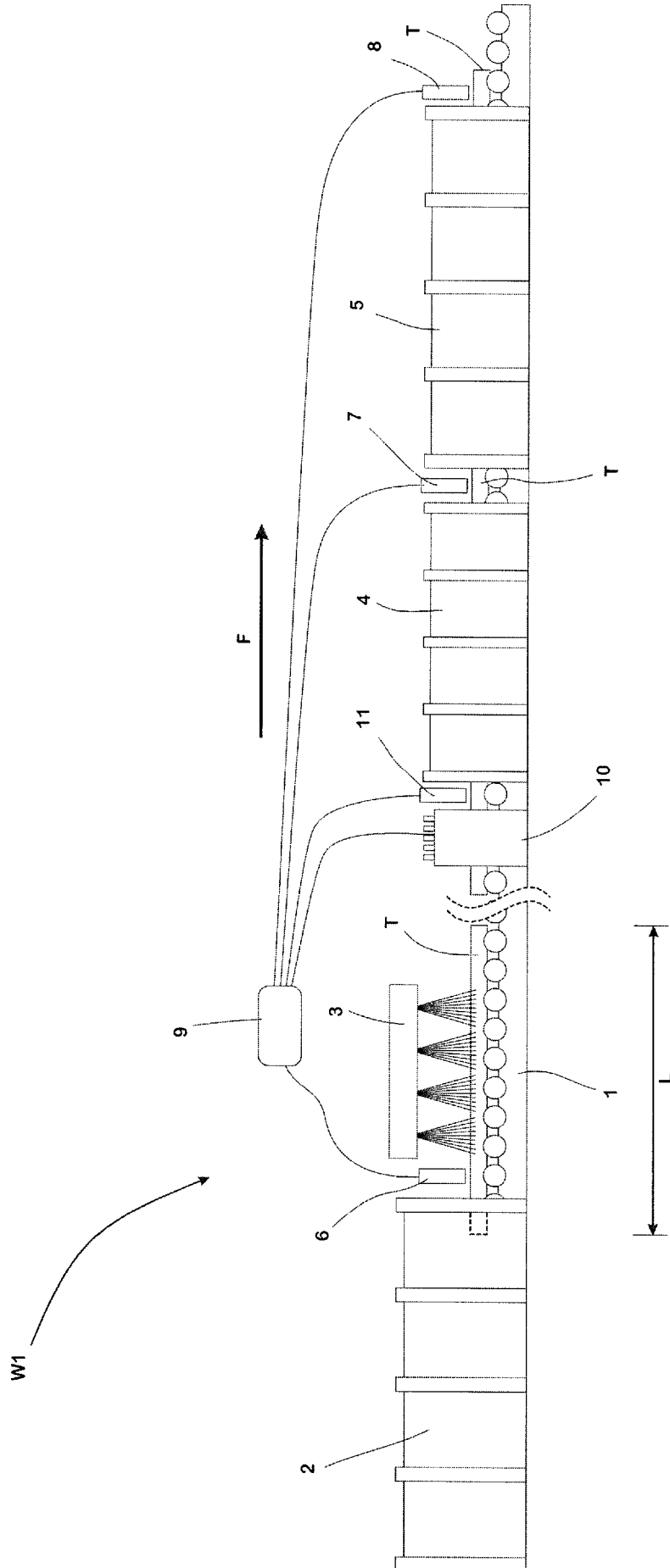


Fig. 1

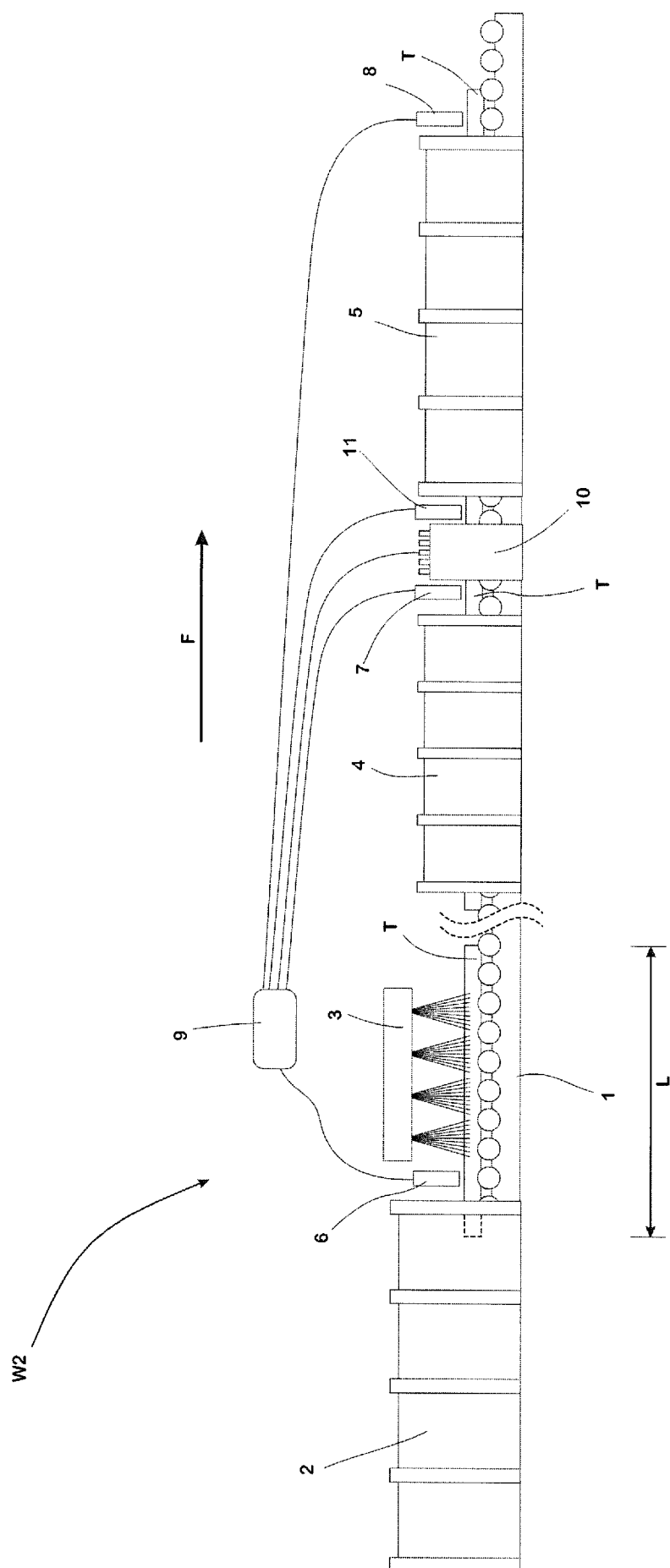


Fig. 2