



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 21 792 A1** 2004.12.09

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 21 792.4**

(22) Anmeldetag: **14.05.2003**

(43) Offenlegungstag: **09.12.2004**

(51) Int Cl.7: **B21B 37/74**

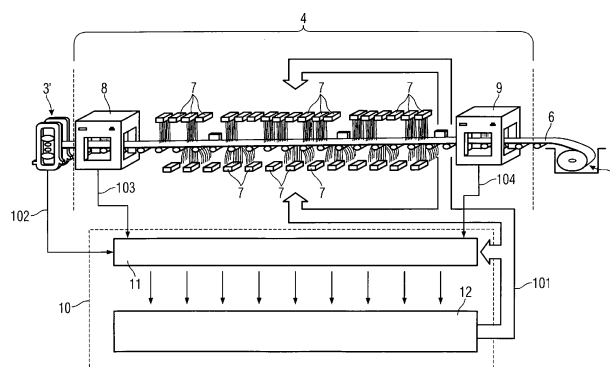
(71) Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

(72) Erfinder:
**Reinschke, Johannes, Dr., 91052 Erlangen, DE;
Weinzierl, Klaus, Dr., 90480 Nürnberg, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Regelung der Temperatur eines Metallbandes, insbesondere in einer Kühlstrecke**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung bzw. zur Regelung der Temperatur eines Metallbandes in der Kühlstrecke (4) einer Warmwalzanlage, wobei zur Ermittlung von Stellsignalen der Kühlstrecke (4) ein Soll-Temperaturverlauf mit einem Ist-Temperaturverlauf verglichen wird, wobei unter Berücksichtigung von Nebenbedingungen mindestens eine Zielfunktion für Stellglieder der Kühlstrecke (4) gebildet wird und diese Zielfunktion im Sinne einer modellprädikativen Regelung als quadratisches Optimierungsproblem gelöst wird. Dabei wird eine übergreifende Regelung für Fertigstraße und Kühlstrecke der Warmwalzanlage vorgeschlagen.



Beschreibung

den.

Aufgabenstellung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung bzw. zur Regelung der Temperatur eines Metallbandes in einer Anlage der Stahlindustrie, insbesondere in einer Kühlstrecke, die einer Walzstraße zum Walzen von Metall-Warmband nachgeordnet ist.

Stand der Technik

[0002] Aus der DE 199 63 186 A1 ist ein Steuerverfahren für eine Kühlstrecke bekannt, der eine Fertigungsstraße zum Walzen von Metall-Warmband vorgeordnet ist. Bei diesem Steuerverfahren werden beim Einlaufen des Warmbandes in die Kühlstrecke Bandpunkte und deren Anfangstemperaturen erfasst und den erfassten Bandpunkten individuell Solltemperaturverläufe zugeordnet. Die Bandpunkte, deren Anfangstemperaturen und deren Solltemperaturverläufe werden einem Modell für die Kühlstrecke zugeführt. Die Bandpunkte werden beim Durchlaufen der Kühlstrecke wegverfolgt. In der Kühlstrecke wird das Warmband mittels Temperaturbeeinflussungseinrichtungen Temperaturbeeinflussungen unterworfen. Die Wegverfolgungen und die Temperaturbeeinflussungen werden ebenfalls dem Modell zugeführt. Das Modell ermittelt in Echtzeit erwartete Ist-Temperaturen der erfassten Bandpunkte und ordnet diese den Bandpunkten zu. Dadurch steht für jeden Bandpunkt zu jedem Zeitpunkt die Temperatur als Funktion über die Banddicke zur Verfügung. Ferner ermittelt es anhand der den erfassten Bandpunkten zugeordneten Solltemperaturverläufe und der erwarteten Ist-Temperaturen Ansteuerwerte für die Temperaturbeeinflussungseinrichtungen und führt die Ansteuerwerte diesen zu. Die Temperaturführung dient insbesondere zum gezielten Einstellen von Material- und Gefügeeigenschaften des Metall-Warmbandes. In der Regel wird dabei die Temperaturführung derart durchgeführt, dass ein vorbestimmter Haspeltemperaturverlauf vom Ausgang der Kühlstrecke möglichst gut erreicht wird.

[0003] Maßgeblich für Material- und Gefügeeigenschaften des Metallbands sind neben der chemischen Zusammensetzung und Parametern des Umformprozesses, wie z.B. die Abnahmeverteilung über die Gerüste der Fertigstaffel und der zeitliche Temperaturverlauf des Bandmaterials beim Durchlauf durch die Anlage.

[0004] Die letzten Stellglieder für den Temperaturverlauf des Metallbandes innerhalb der Anlage befinden sich dabei in der Regel innerhalb der Kühlstrecke. In der Kühlstrecke vollzieht sich häufig auch die Phasenumwandlung des Materials. Als Stellglieder dienen in der Regel die Ventile der Kühlstrecke. Bei bestimmten Kühlstrecken, wie z.B. Grobblechstraßen, kann zusätzlich auch der Massenfluss, d.h. insbesondere die Bandgeschwindigkeit, gestellt wer-

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die Steuerung bzw. die Regelung der Temperatur eines Metallbandes, dabei insbesondere in einer Kühlstrecke, in einer Anlage der Stahlindustrie derart zu verbessern, dass die Nachteile bekannter Steuerungen bzw. Regelungen weitestgehend vermieden werden und die Effizienz der Steuerung bzw. Regelung erhöht wird.

[0006] Die Aufgabe wird durch ein Verfahren zur Steuerung und/oder Regelung der Temperatur eines Metallbandes in einer Anlage der Stahlindustrie gelöst, insbesondere in einer Kühlstrecke, die einer Walzstraße zum Walzen von Metallwarmband nachgeordnet ist, wobei zur Ermittlung von Stellsignalen ein Soll-Temperaturverlauf mit einem Ist-Temperaturverlauf verglichen wird, und wobei unter Berücksichtigung von Nebenbedingungen mindestens eine Zielfunktion für Stellglieder der Anlage, insbesondere in der Kühlstrecke, gebildet wird.

[0007] Durch die Berücksichtigung von Nebenbedingungen, die vorzugsweise Anlagengrenzen bzw. Stellbegrenzungen entsprechen, wird es möglich, insbesondere für verschiedene Kühlstrecken-Layouts und vor allem für den Fall eines vorgegebenen Temperatur- bzw. Rbkühlverlaufs, eine (Stell-) Vorgabe zu ermitteln, die Stellbegrenzungen in sinnvoller Weise berücksichtigt. So wird beispielsweise bei einer zweigeteilten Kühlstrecke vermieden, dass die Vorgabe einer zu hohen Temperatur zwischen beiden Teilkühlstrecken zur Folge hat, dass die Haspeltemperatur mit der verfügbaren Kühlmittelmenge der zweiten Teilkühlstrecke nicht mehr erreicht werden kann.

[0008] Mit Vorteil wird die Zielfunktion durch Lösen eines Optimierungsproblems gelöst. Derart wird eine Steuerung bzw. Regelung auch dann möglich, wenn ein Temperatur- bzw. Abkühlverlauf vorgegeben wird, der nicht exakt realisierbar ist. Das Verfahren ermittelt dann die bestmögliche Approximation.

[0009] Mit Vorteil wird ein quadratisches Optimierungsproblem gelöst. Derart wird die Zeit zum Lösen des Optimierungsproblems in der Regel deutlich verringert.

[0010] Mit Vorteil wird der Ist-Temperaturverlauf und/oder der Soll-Temperaturverlauf des Metallbandes unter Zuhilfenahme mindestens eines Modells ermittelt. Derart wird eine verbesserte Steuerung bzw. Regelung der Temperatur des Metallbandes auch dann ermöglicht, wenn die tatsächliche Bandtemperatur an für die Steuerung bzw. Regelung relevanten Orten, insbesondere der Kühlstrecke, nicht

gemessen werden kann.

[0011] Mit Vorteil wird das Modell online adaptiert. Auf diese Weise kann beispielsweise eine vorhandene Anlagendrift berücksichtigt werden und es können realistische Ergebnisse, insbesondere für nachfolgende Metallbänder, ermittelt werden.

[0012] Mit Vorteil werden Bandpunkte wegverfolgt.

[0013] Mit Vorteil wird ein Temperaturverlauf für einzelne Bandpunkte des Metallbands ermittelt. Derart und insbesondere auch durch die Wegverfolgung der Bandpunkte wird die Genauigkeit der Steuerung bzw. Regelung deutlich verbessert.

[0014] Mit Vorteil wird die Zielfunktion durch Lösen eines Optimierungsproblems mittels Vorausberechnung gelöst. Insbesondere wird auf diese Weise die zur Voreinstellung der Stellglieder benötigte Zeit deutlich reduziert. Vorzugsweise werden derart zudem die Stellglieder optimal im Hinblick auf eine nachfolgende Online-Regelung voreingestellt.

[0015] Mit Vorteil wird die Zielfunktion vorzugsweise online durch Lösen eines Optimierungsproblems iterativ gelöst.

[0016] Vorteilhafte Weiterbildungen des Verfahrens sind in den Ansprüchen 10 bis 14 angegeben.

[0017] Weitere Lösungen der erfindungsgemäßen Aufgabe sind in den Ansprüchen 15 bis 18 angegeben.

Ausführungsbeispiel

[0018] Weitere Vorteile und Einzelheiten ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung mehrerer Ausführungsbeispiele der Erfindung in Verbindung mit den Zeichnungen. Dabei zeigen beispielhaft:

[0019] Fig. 1 den prinzipiellen Aufbau eines Walzwerks,

[0020] Fig. 2 die Kühlstrecke eines Walzwerks sowie eine zu deren Steuerung bzw. Regelung dienende Recheneinrichtung,

[0021] Fig. 3 eine Kühlstrecke und eine ihr schematisch zugeordnete Kühlstreckenregelung,

[0022] Fig. 4 mögliche Module einer Kühlstreckenregelung,

[0023] Fig. 5 Vorausberechnung und eine Echtzeitregelung einer Kühlstrecke,

[0024] Fig. 6 einen möglichen Temperaturverlauf eines Metallbandes in der Kühlstrecke.

[0025] Fig. 1 zeigt eine Anlage zur Erzeugung von Metallband 6, die eine Vorstraße 2, eine Fertigstraße 3 und eine Kühlstrecke 4 umfasst. Das Metallband 6 wird dabei vorzugsweise warm gewalzt. Hinter der Kühlstrecke 4 ist vorzugsweise eine Haspelvorrichtung 5 angeordnet. Von ihr wird das in den Straßen 2 und 3 gewalzte und in der Kühlstrecke 4 gekühlte Metallband 6 aufgehaspelt. Den Straßen 2 bzw. 3 ist eine Bandquelle 1 vorgeordnet. Die Bandquelle 1 ist beispielsweise als Ofen ausgebildet, in dem Metallbarmen erwärmt werden. Die Bandquelle 1 kann beispielsweise auch als Stranggießanlage ausgebildet sein, in der Metallband 6 erzeugt wird, das dann der Vorstraße 2 zugeführt wird.

[0026] Die Anlage zur Stahlerzeugung und insbesondere die Straßen 2, 3 sowie die Kühlstrecke 4 und die mindestens eine Haspelvorrichtung 5 werden mittels eines Steuerverfahrens gesteuert, das von einer Recheneinrichtung 10 ausgeführt wird. Hierzu ist die Recheneinrichtung 10 mit ein oder mehreren der Komponenten 1 bis 5 der Anlage zur Stahlerzeugung steuerungstechnisch gekoppelt. Die Recheneinrichtung 10 ist mit einem als Computerprogramm ausgebildeten Steuerprogramm programmiert, aufgrund dessen sie das erfindungsgemäße Verfahren zur Steuerung bzw. zur Regelung der Temperatur des Metallbandes 6 ausführt.

[0027] Gemäß Fig. 1 verlässt das Metallband bzw. die Brame 6 die Bandquelle 1 und wird zunächst in der Vorstraße 2 auf eine Eingangsdicke für die Fertigstraße 3 gewalzt. Innerhalb der Fertigstraße wird das Band 6 dann mittels der Walzgerüste 3' auf seine Enddicke gewalzt. Die anschließende Kühlstrecke 4 kühlt das Band auf eine vorgegebene Haspeltemperatur ab.

[0028] Um gewünschte mechanische Eigenschaften des Bandes 6 zu gewährleisten, muss ein geeigneter Temperaturverlauf für die Fertigstraße 3 und für die Kühlstrecke 4 eingehalten werden. Hierzu wird vorzugsweise ein Soll-Temperaturverlauf abhängig von beispielsweise dem Anlagentyp, dem Betriebsmodus, dem jeweiligen Auftrag und gewünschten Eigenschaften des Metallbandes 6 vorgegeben.

[0029] Fig. 5 zeigt eine Recheneinrichtung 10 zur Steuerung einer Kühlstrecke 4. Dabei weist die Recheneinrichtung 10 ein Vorausberechnungsmodul 21 und ein Modul 22 für vorzugsweise online Berechnungen insbesondere während des Kühlprozesses auf.

[0030] Mit Hilfe des Vorausberechnungsmoduls 21 können die Stellglieder der Fertigstraße 4 initialisiert werden. Dazu werden beispielsweise Schätzwerte für fehlende Messwerte, beispielsweise die Eingangsgeschwindigkeit des Metallbandes, die Temperatur des Metallbandes am Ende der Fertigstraße 3

und die Banddicke, verwendet. Als bedienerseitige Eingabewerte für das Vorausberechnungsmodul **21** dienen beispielsweise gewünschte Materialwerte **105**.

[0031] Die Vorausberechnung **20** innerhalb des Vorausberechnungsmoduls **21** läuft iterativ ab. Das bedeutet, dass Berechnungen mit verschiedenen Kühlmittelmengen wiederholt werden, bis vorgegebene Fehler minimiert sind. Die Vorausberechnung **20** ist daher mit online fähigen Kühlstreckenmodell **11** sowie einer Adaptation **18** gekoppelt.

[0032] Das Berechnungsmodul **22** weist ein Kühlstreckenmodell **11** und eine Kühlstreckenregelung **12** auf, die miteinander gekoppelt sind. Das Kühlstreckenmodell **11** und die Kühlstreckenregelung **12** steuern die Stellglieder der Kühlstrecke **4** und sind vorzugsweise mit mehreren Kühlstreckenmodellen, die z.B. in einer Modellbibliothek **19** abgelegt sein können, gekoppelt. Die Kühlstreckenregelung **12** gibt Stellsignale **101** an die Kühlstrecke **4** weiter, beispielsweise in Form von Stellmustern für Kühlmittelventile.

[0033] Fig. 2 beschreibt die Funktionsweise des Kühlstreckenmodells **11** und der Kühlstreckenregelung **12** genauer.

[0034] Das Kühlstreckenmodell **11** ermittelt den Zustand der Kühlstrecke **4**. Als Eingangsparameter für das Kühlstreckenmodell dienen beispielsweise Werte wie die Geschwindigkeit des Metallbandes **6**, Bandtemperaturen sowie Kühlmitteltemperaturen und Kühlmitteldruck.

[0035] Weitere Eingangsgrößen sind die Einstellungen der Stellglieder, d.h. also vorzugsweise der Ventile **7**.

[0036] Vorzugsweise ist im Eingangsbereich der Kühlstrecke **4** ein Zwischentemperatur-Messplatz **8** zur Messung der Temperatur des Metallbands **6** angeordnet. Am Ende der Kühlstrecke **4** ist vorzugsweise ein Endtemperatur-Messplatz **9** angeordnet. Eingangsgrößen des Kühlstreckenmodells **11** sind die am Zwischentemperatur-Messplatz **8** ermittelten Eingangstemperaturen **103** des Metallbandes, die am Endtemperatur-Messplatz **9** ermittelten Ausgangstemperaturen **104** des Metallbandes sowie weitere Banddaten **102**, die vorzugsweise in der Fertigstraße **3**, z.B. an oder kurz nach deren letztem Walzgeüst **3'**, ermittelt werden.

[0037] Von der Kühlstreckenregelung **12** werden an das Kühlstreckenmodell **11** Ventilstellungen **101** übermittelt, die in der Regel jedoch vom Kühlstreckenmodell **11** nicht auf Plausibilität geprüft werden. Das Kühlstreckenmodell **11** ermittelt stets den gegenwärtigen Zustand der Kühlstrecke **4**.

[0038] Die erfindungsgemäße Steuerung bzw. Regelung erfolgt Zeittakt weise vorzugsweise in Regelschritten. Die Kühlstreckenregelung **12** ermittelt die Ventilstellungen **101** der Ventile **7** der Kühlstrecke **4** für den jeweils nächsten Regelschritt. Dabei wird vorzugsweise ein Optimierungsproblem gelöst, auf das im weiteren Text noch näher eingegangen wird. Erfindungsgemäß wird vorzugsweise in jedem Zeittakt ein Iterationsschritt durchgeführt, wobei ausgehend von der einem aktuellen Zeittakt zugeordneten Lösung des Optimierungsproblems mindestens ein Stellsignal auf die Anlage aufgeschaltet wird. Vorzugsweise werden für einen nachfolgenden Zeittakt weitere aktualisierte Messwerte bei der Lösung des Optimierungsproblems berücksichtigt. Derart kann ein geschlossener Regelkreis gebildet werden.

[0039] Es ist vorteilhaft wenn bei einer hohen Anzahl von Stellgliedern, wie sie für die Kühlstrecke **4** typisch ist, bei der Aufstellung des vorzugsweise quadratischen Optimierungsproblems nicht einzelne Ventile sondern Gruppen von Ventilen als Stellglied aufgefasst werden. Die Aufteilung des berechneten Stellwerts auf die einzelnen Ventile erfolgt über eine geeignete Schaltheuristik. Das Zusammenfassen von Ventilen zu Ventilgruppen ist besonders für eine online, d.h. in Echtzeit, erfolgende Lösung des Optimierungsproblems besonders vorteilhaft.

[0040] Fig. 6 zeigt einen möglichen Temperaturverlauf T über den Orten x der Kühlstrecke **4**, wobei die Kühlstrecke **4** durch den Anfang der Kühlstrecke x_A und das Ende der Kühlstrecke x_E begrenzt ist.

[0041] Fig. 3 stellt die modellprädikative Regelung der Kühlstrecke **4** näher dar. Dabei werden von der Kühlstreckenregelung **12** vorzugsweise nicht einzelne Ventile **7a** bzw. **7b**, zusammenfassend als **7** bezeichnet, angesteuert, sondern aus ein oder mehreren Ventilen **7** bestehende Ventilgruppen. Dabei kann dementsprechend beispielsweise der Regelbereich **14** in mehrere Teilbereiche **14a** und **14b** aufgeteilt werden, wobei vorzugsweise jedem Teilbereich **14a** bzw. **14b** eine Ventilgruppe zugeordnet ist.

[0042] Innerhalb der Grenzen des Regelbereichs **14**, dessen Grenzen sich mit den Grenzen der Kühlstrecke in der Regel decken, kann hinsichtlich der Regelung zwischen einem Hauptregelbereich **15** und einem Abgleichsregelbereich **16** unterschieden werden. Vorzugsweise werden einzelne Bandpunkte (**13a**, **13b**) wegverfolgt.

[0043] Zur Steuerung und Regelung der Kühlstrecke wird ein modellprädikativer Algorithmus eingesetzt. Dabei werden Stellglieder für N_u Zeitschritte in die Zukunft als Lösung eines vorzugsweise quadratischen Optimierungsproblems bestimmt, wobei mit dem Modell für N_y Zeitschritte Vorhersagen getroffen werden.

[0044] N_u darf 1 oder auch eine natürliche Zahl größer 1 sein. In letzterem Fall werden in der Regel nur die berechneten Stellgliedeinstellungen für den ersten Zeitschritt implementiert. Für den nächsten Zeitschritt wird unter Berücksichtigung aktueller Messwerte bzw. Vorhersagewerte neu gerechnet.

[0045] N_y muss so groß gewählt werden, dass die größte vorliegende Totzeit überwunden wird. Die größte Totzeit ergibt sich aus dem größten Abstand einer Temperaturmessstelle und der Position des nächstliegenden vorgeschalteten Stellventils. Zur Aufstellung des vorzugsweise quadratischen Optimierungsproblems wird ein geeignetes vorzugsweise linearisiertes Bandtemperaturmodell verwendet. In das vorzugsweise quadratische Optimierungsproblem lassen sich leicht Gleichungs- und Ungleichungsnebenbedingungen integrieren. Derart können Stellgliedbegrenzungen und unterschiedliche Kühlstreckenlayouts besonders vorteilhaft und vorzugsweise derart berücksichtigt werden, dass an der Recheneinrichtung **10** bzw. am Vorausberechnungsmodul **21** und/oder dem Berechnungsmodul **22** keine übermäßigen Änderungen vorgenommen werden müssen.

[0046] Wie **Fig. 4** veranschaulicht, ist es möglich, dass die Recheneinrichtung **10** ein Modul zur Kühlstreckenregelung **12** aufweist, das seinerseits mehrere Teilregelmodule **17a**, **17b** aufweist, die unterschiedlichen Regelbereichen **14a** und **14b** entsprechen.

[0047] Die erfindungsgemäße Steuerung bzw. Regelung der Kühlstrecke **4** ist unabhängig vom Kühlstreckenlayout und bietet aufgrund der modellprädikativen Regelung ein optimales Verhalten der Steuerung auch an den Stellbegrenzungen. Vorgaben können auf flexible Weise im Sinne einer Priorisierung unterschiedlich gewichtet werden. In das erfindungsgemäße Steuerungs- bzw. Regelungsverfahren ist Edge-Masking integrierbar.

[0048] Das erfindungsgemäße Verfahren lässt sich derart ausgestalten, dass auch die Geschwindigkeit des Metallbandes **6** gesteuert werden kann, was seine Verwendung beispielsweise auch für Grobblechstraßen möglich macht.

[0049] Insbesondere lässt sich auch eine Fertigstrasse **3** erfindungsgemäß regeln. Neben Bandgeschwindigkeit sind bei einer Fertigstrasse **3** Zwischengerüstkühlvorrichtungen weitere mögliche Stellglieder. Eine typische Zahl von Stellgliedern für eine Kühlstrecke sind beispielsweise ca. 200 Ventile **7**. Dies ist eine deutlich höhere Zahl von Stellgliedern als für eine typische Fertigstrasse **3**.

[0050] Eine übergreifende Steuerung bzw. Regelung für mehrere Anlagenteile **1** bis **5** kann vorzugs-

weise wie nachstehend beispielsweise für eine Fertigstrasse **3** und eine Kühlstrecke **4** beschrieben erzielt werden.

[0051] Zur übergreifenden Steuerung bzw. Regelung werden vorzugsweise das Temperaturmodell der Fertigstrasse **3** und das Temperaturmodell der Kühlstrecke **4** verkettet. Durch Addition der Zielfunktionen für beide Anlagenteile **3** und **4** wird ein vorzugsweise quadratisches Optimierungsproblem mit vorzugsweise linearen Nebenbedingungen ermittelt, mit Hilfe dessen ein gemeinsames Steuerverfahren für beide Anlagenteile **3** und **4** bereitgestellt wird. Die Optimierung des Problems liefert so die Einstellungen für die Zwischengerüstkühlungen der Fertigstrasse **3**, die Kühlstreckenventile **7** der Kühlstrecke **4** und Geschwindigkeit des Metallbandes **6**, insbesondere für den jeweils nächsten Regelschritt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung und/oder Regelung der Temperatur eines Metallbandes (**5**) in einer Anlage der Stahlindustrie, dabei insbesondere in einer Kühlstrecke (**4**), die einer Walzstraße (**2, 3**) zum Walzen von Metall-Warmband (**6**) nachgeordnet ist, wobei zur Ermittlung von Stellsignalen ein Soll-Temperaturverlauf mit einem Ist-Temperaturverlauf verglichen wird, **dadurch gekennzeichnet** dass unter Berücksichtigung von Nebenbedingungen mindestens eine Zielfunktion für Stellglieder der Anlage, insbesondere in der Kühlstrecke (**4**), gebildet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Zielfunktion durch Lösen eines Optimierungsproblems gelöst wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein quadratisches Optimierungsproblem gelöst wird.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Ist-Temperaturverlauf und/oder der Soll-Temperaturverlauf des Metallbandes (**6**) unter Zuhilfenahme mindestens eines Modells (**11**) ermittelt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Modell (**9**) online adaptiert wird.

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Bandpunkte (**13a**, **13b**) wegverfolgt werden.

7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Temperaturverlauf für einzelne Bandpunkte (**13a**, **13b**) des Metallbands (**6**) ermittelt wird.

8. Verfahren nach einem der vorstehenden An-

sprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Zielfunktion durch Lösen eines Optimierungsproblems mittels Vorausberechnung gelöst wird.

umfassenden Regelbereichen (**14a**, **14b**) aufweist.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Zielfunktion vorzugsweise online durch Lösen eines Optimierungsproblems iterativ gelöst wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass in jedem Zeittakt ein Iterationsschritt durchgeführt wird, wobei ausgehend von der einem aktuellen Zeittakt zugeordneten Lösung des Optimierungsproblems mindestens ein Stellsignal auf die Anlage aufgeschaltet wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass für einen nachfolgenden Zeittakt weitere Messwerte bei der Lösung des Optimierungsproblems berücksichtigt werden.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass ein geschlossener Regelkreis gebildet wird.

13. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Optimierungsproblems mit linearen Nebenbedingungen gelöst wird.

14. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur des Metallbandes (**5**) in mehreren Teilen (**1** bis **5**) der Anlage der Stahlindustrie, insbesondere in der Fertigstraße (**3**) und einer ihr nachgeordneten Kühlstrecke (**4**), gesteuert und/oder geregelt wird.

15. Computerprogramm zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorstehenden Ansprüche.

16. Mit einem Computerprogramm nach Anspruch 15 programmierte Recheneinrichtung (**10**) zur Steuerung mindestens der Kühlstrecke (**4**) einer Anlage der Stahlindustrie, wobei die Recheneinrichtung (**10**) direkt und/oder indirekt die Temperatur des Metallbandes (**6**) beeinflusst.

17. Recheneinrichtung (**10**) nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass sie ein Modul zur Ermittlung eines Kühlstreckenmodells (**11**), ein Modul zur Vorausberechnung (**20**), ein Modul zur Adaption (**18**) und ein Modul zur Kühlstreckenregelung (**12**) aufweist.

18. Recheneinrichtung (**10**) nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass sie mehrere Regelmodule (**17a**, **17b**) zur Regelung von Stellgliedern (**7**) und/oder von ein oder mehrere Stellglieder

FIG 1

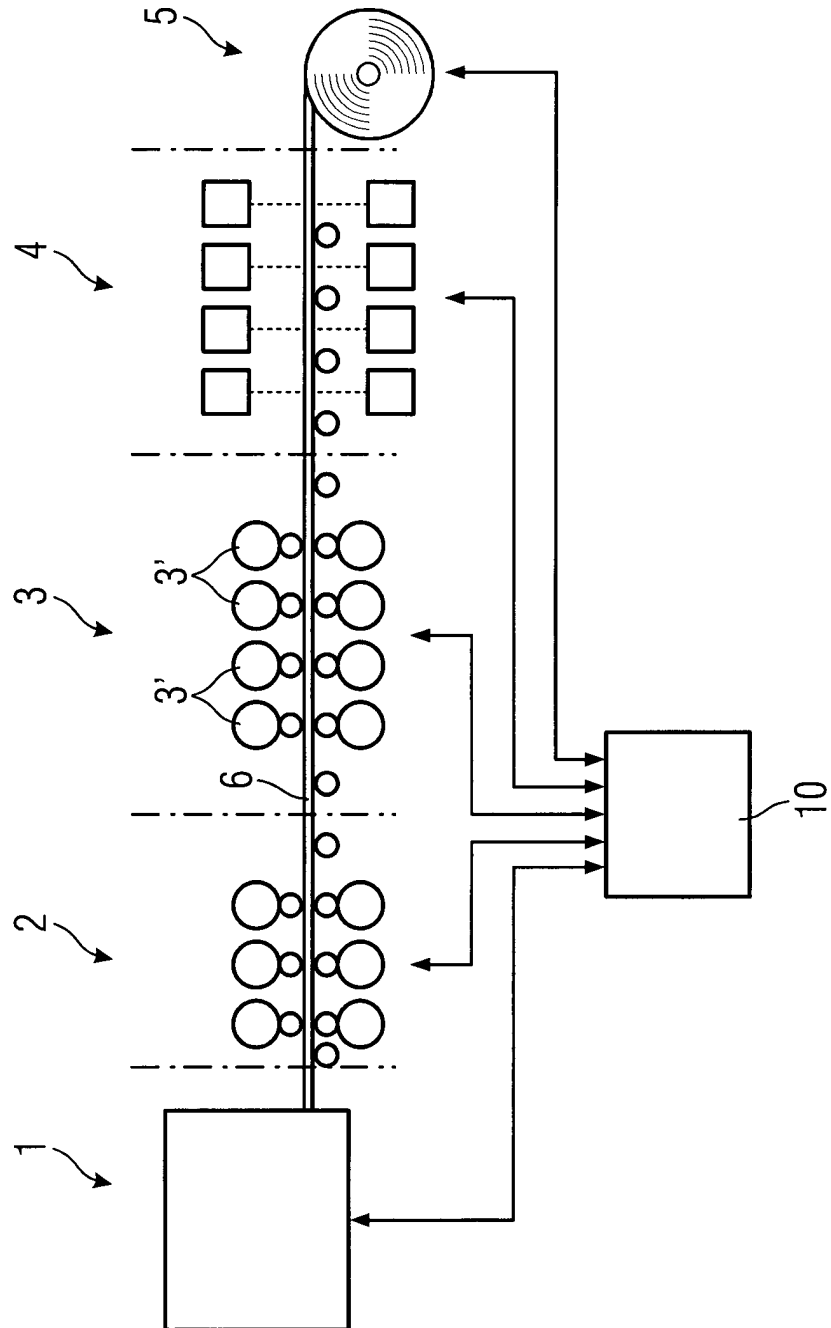


FIG 2

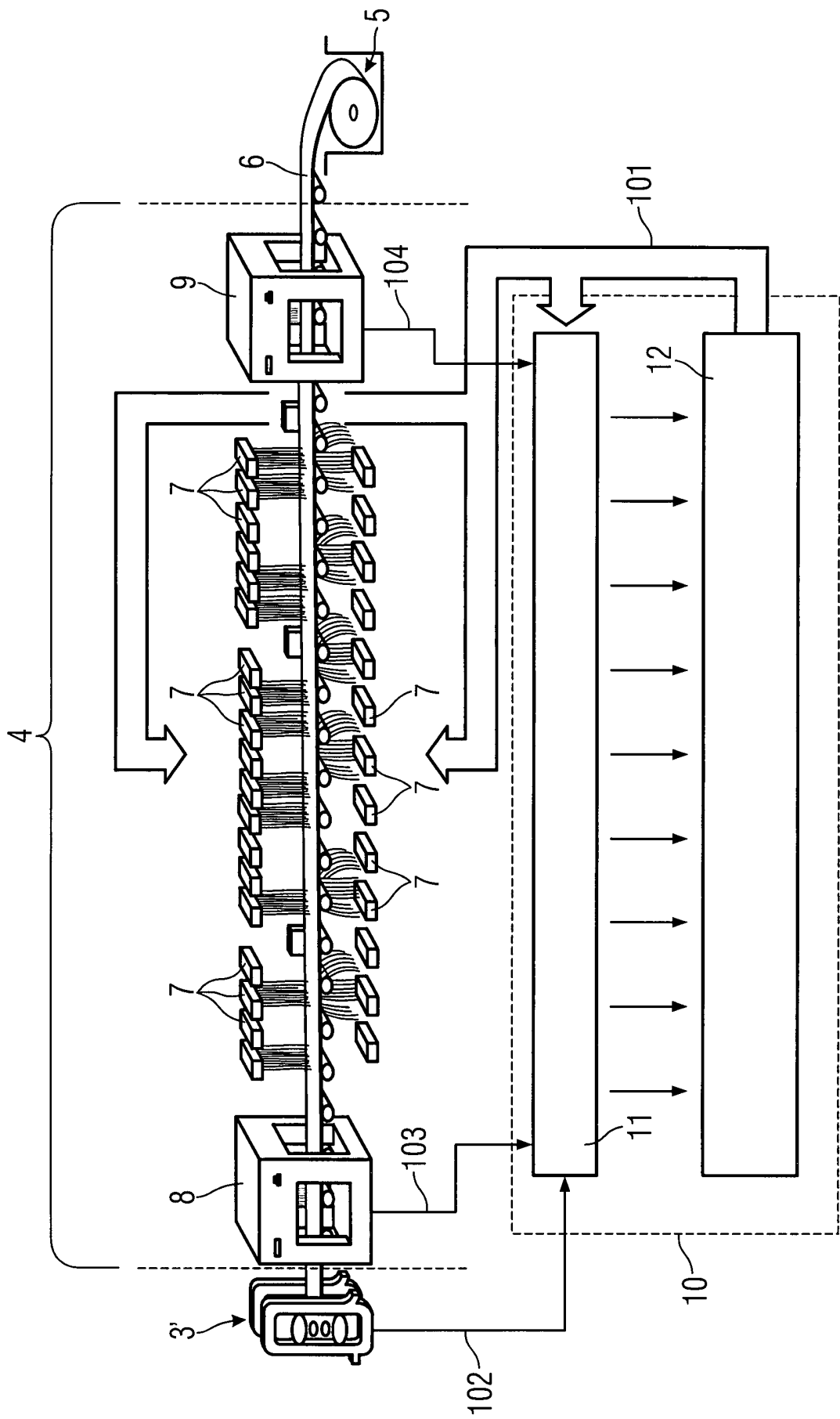


FIG 3

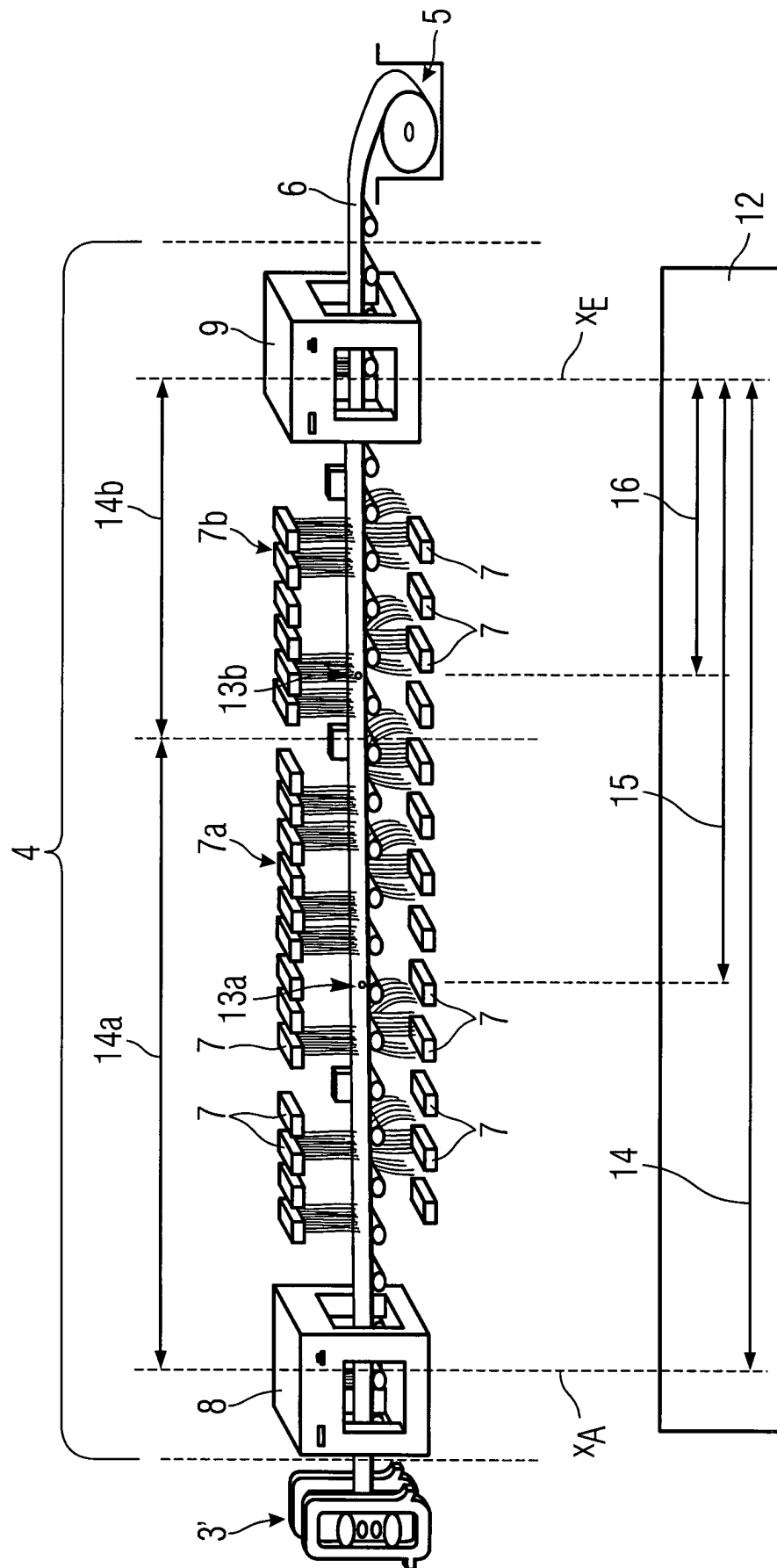


FIG 4

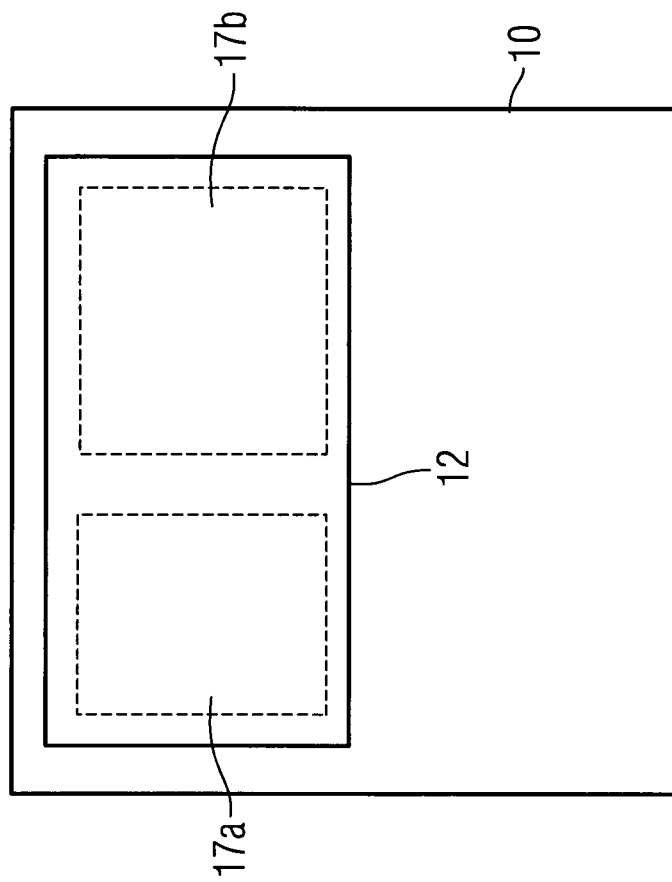


FIG 5

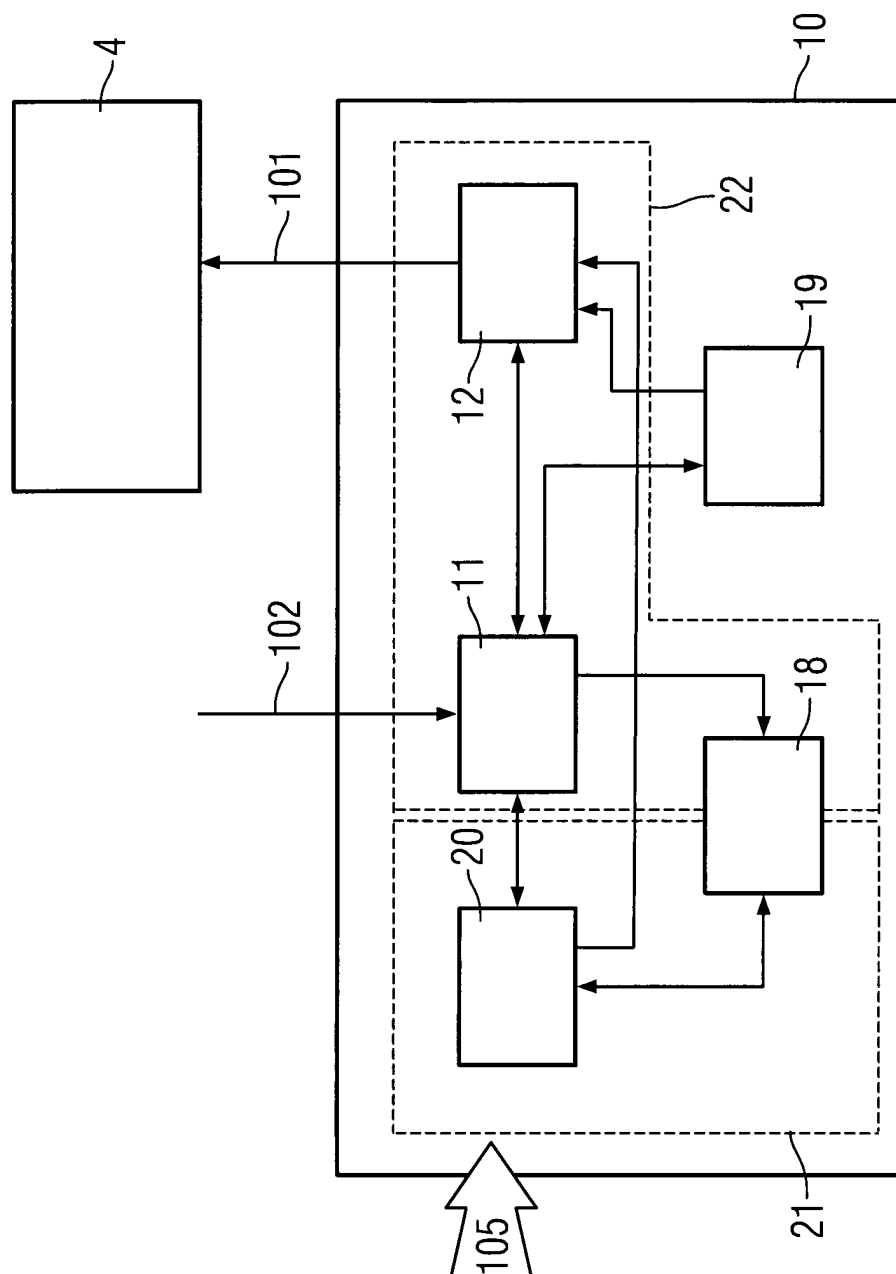


FIG 6

