

(19)



(11)

EP 4 249 141 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
27.09.2023 Patentblatt 2023/39

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B21B 37/46 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **23161456.1**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
**B21B 37/46; B21B 1/26; B21B 1/28; B21B 1/46;
B21B 2273/08; B21B 2273/10; B21B 2273/14;
B21B 2273/16; B21B 2275/04; B21B 2275/06**

(22) Anmeldetag: **13.03.2023**

(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

(72) Erfinder:
• **Raming, Philipp**
57074 Siegen (DE)
• **Sieghart, Jörn**
40721 Hilden (DE)
• **Schneider, Marc**
57271 Hilchenbach (DE)
• **Grybel, Kai**
57074 Siegen (DE)

(30) Priorität: **25.03.2022 DE 102022202987**

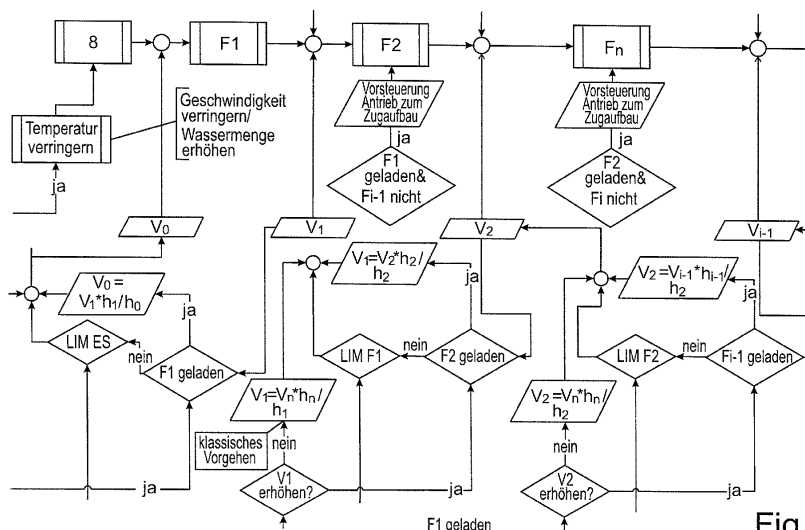
(71) Anmelder: **SMS Group GmbH**
40237 Düsseldorf (DE)

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

(54) BETRIEBSVERFAHREN FÜR EINE WALZSTRASSE

(57) Die Erfindung betrifft ein Betriebsverfahren für eine Walzstraße, die mehrere von einem Metallband zu durchlaufende Walzgerüste (F1-Fn) aufweist, wobei das Metallband nacheinander in wenigstens einige der Walzgerüste (F1-Fn) eingefädelt wird und das Metallband die Walzstraße unter stufenweiser Dickenreduzierung von einer Ausgangsdicke auf eine Zieldicke durchläuft, wobei das Verfahren eine Geschwindigkeitsregelung der einzelnen Walzgerüste (F1-Fn) mittels einer übergeordne-

ten Prozesssteuerung umfasst, und wobei wenigstens die Einlaufgeschwindigkeit des Metallbandes in die Walzstraße und/oder die Geschwindigkeit der Walzgerüste (F1-Fn) beim Einfädeln eines Bandkopfs und/oder eines Bandfußes oder eines geplanten Abschnittswechsels des Metallbandes in die Walzgerüste (F1-Fn) entsprechend einer Geschwindigkeitsvorgabe für das Metallband oder für Teile des Metallbandes geregelt wird.

**Fig. 2**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Betriebsverfahren für eine Walzstraße, die mehrere von einem Metallband zu durchlaufende Walzgerüste aufweist, wobei das Metallband nacheinander in wenigstens einige der Walzgerüste eingefädelt wird und das Metallband die Walzstraße unter stufenweiser Dickenreduzierung von einer Ausgangsdicke auf eine Zieldicke durchläuft.

[0002] Die Erfindung betrifft insbesondere die Automation einer Walzstraße, wobei das Betriebsverfahren zum Betrieb von Kaltwalzstraßen für Stahl im diskontinuierlichen und kontinuierlichen Betrieb, zum Betrieb kombinierter Anlagen aus Beize und Kaltwalzstraße im diskontinuierlichen und kontinuierlichen Betrieb, zum Betrieb von kontinuierlichen und diskontinuierlichen Stahl-Warmwalzstraßen, zur Steuerung von Gießwalzanlagen, von Knüppel-Walzstraßen, Aluminium Warmwalzstraßen, Aluminium Kaltwalzstraßen und zur Steuerung von reversierenden Walzstraßen mit zwei oder mehr Walzgerüsten Anwendung finden kann.

[0003] Bei Verfahren zum Überwachen und Steuern von Walzanlagen zum Walzen von metallenen Flachprodukten, ist es grundsätzlich wünschenswert, die Produktivität der Anlage zu steigern, ohne die mechanische Konfiguration der Anlage anpassen zu müssen.

[0004] Üblicherweise werden Walzanlagen unter Verwendung mehrstufiger Leitsysteme automatisiert betrieben. Diese Leitsysteme umfassen meist Regler, denen von einer übergeordneten Einrichtung Sollwerte vorgegeben werden. Die Sollwerte können momentan gültige Sollwerte oder Sollwertverläufe sein. In der Regel berechnen Level-2 Systeme die Sollwerte mittels Online-Optimierungsalgorithmen, die ihrerseits auf Online-Modelle der zu steuernden Anlage zurückgreifen. Die Online-Modelle sind datenbasierte oder mathematisch physikalische Modelle.

[0005] Die vorliegende Erfindung betrifft insbesondere die Level 1 und Level 2 Automation einer Anlage zum Walzen von Metallbändern. Wie bereits erwähnt, kann die Anlage als Warmwalzanlage oder Kaltwalzanlage oder auch als Profilwalzanlage ausgebildet sein.

[0006] Unter einer Level 2 Automatisierungsebene im Sinne der vorliegenden Erfindung, wird eine Prozess-Leitebene verstanden, die beispielsweise eine übergeordnete Prozess Leittechnik umfassen kann, und die unmittelbar oberhalb einer Steuerungsebene (Level 1 Automation) zur direkten Steuerung und Regelung der Aggregate einer Walzstraße vorgesehen sein kann.

[0007] Beim Betrieb einer Walzstraße werden üblicherweise metallene Vorprodukte oder Halbzeug zu einem Fertigband ausgewalzt und zu einem Bund (Coil) konfektioniert.

[0008] In einer Warmbandstraße werden beispielsweise in einer Ofenanlage Brammen mit Ausgangsdicken von 200-150 mm auf Temperaturen um die 1250° erhitzt. Diese werden sodann in einer Vorstraße mithilfe von Vorgerüsten zu Vorbändern mit Dicken von 25-45 mm und Vorbandtemperaturen im Bereich von 950-1050 °C ausgewalzt. Die Vorbänder werden dann in eine Fertigstraße mit hintereinander angeordneten Fertigerüsten eingefädelt und zu Fertigband mit i Dicken von 1,25-25 mm und Endwalztemperaturen von 850-950° fertiggewalzt.

[0009] Stand der Technik ist das Ein- und/oder Aus- bzw. Durchfädeln des Vorprodukts/Halbzeugs mit konstanter Geschwindigkeit bezogen auf die Auslaufgeschwindigkeit der Walzanlage. Dabei ist es üblich, die einzelnen Walzgerüste mit konstanter Geschwindigkeit zu betreiben. Bei Warmwalzanlagen ist dies insbesondere im Hinblick auf das Temperaturprofil des Metallbandes sinnvoll, welches nach dem Einfädeln am Bandkopf ausgehend von der Ofentemperatur eine vorgegebene Zieltemperatur aufweisen soll.

[0010] Bekannte Konzepte zur Steigerung der Produktivität von Walzanlagen zielen daher darauf ab, die Dauer des eigentlichen Walzprozesses aus Gründen der Temperaturführung nicht zu verändern, sondern die Nebenzeiten der Bänder zu reduzieren, beispielsweise durch Beschleunigung des Bund Abtransports, durch Beschleunigung der Prozesse zur Bundvorbereitung oder durch Reduktion der Zeit zwischen Ausfädeln eines Bandfußes des vorlaufenden Bandes im ersten Gerüst und Einfädeln des neuen Bandkopfs.

[0011] Innerhalb der Walzstraße bzw. während des Ein- oder Durchfädelns richtet sich die Geschwindigkeit des Bandfußes oder Bandkopfs nach dem Verhältnis der Dickenreduzierung einer Ausgangsdicke vor dem jeweiligen Walzgerüst zu einer Dicke nach dem jeweiligen Walzgerüst. Die Geschwindigkeitserhöhung des Bandkopfs ist proportional zur Dickenabnahme des Metallbandes innerhalb des Walzgerüsts.

[0012] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Betriebsverfahren für eine Walzstraße bereitzustellen, das eine Produktivitätssteigerung der Walzstraße ohne Änderung der mechanischen Konfiguration ermöglicht. Das Betriebsverfahren soll insbesondere eine Produktionserhöhung durch entsprechende Eingriffe in die Prozesssteuerung ermöglichen.

[0013] Die Erfindung wird durch ein Betriebsverfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0014] Nach einem Gesichtspunkt der Erfindung ist ein Betriebsverfahren für eine Walzstraße vorgesehen, die mehrere von einem Metallband zu durchlaufende Walzgerüste aufweist, wobei das Metallband nacheinander in wenigstens einige der Walzgerüste eingefädelt wird und das Metallband die Walzstraße unter stufenweiser Dickenreduzierung von einer Ausgangsdicke auf eine Zieldicke durchläuft, wobei das Verfahren eine Geschwindigkeitsregelung der einzelnen Walzgerüste mittels einer übergeordneten Prozesssteuerung umfasst und wobei wenigstens die Einlaufgeschwindigkeit des

Metallbandes in die Walzstraße und/oder die Geschwindigkeit der Walzgerüste beim Einfädeln eines Bandkopfs und/oder eines Bandfußes oder eines geplanten Abschnittswechsels des Metallbandes in die Walzgerüste entsprechend einer Geschwindigkeitsvorgabe für das Metallband oder für Teile des Metallbandes geregelt wird. Dabei wird im Ergebnis die Geschwindigkeit der Walzgerüste, insbesondere während des Einfädelvorgangs, so geregelt, dass der Massenstrom des Metallbandes beim Ein- und/oder Durchfädeln über alle Walzgerüste variabel ist.

[0015] Ein Abschnittswechsel, d.h. eine geplante Geometrieänderung des Metallbandes, kann sich beispielsweise aus einem Produktwechsel beim kontinuierlichen Walzen ergeben.

[0016] Bei den nach dem Stand der Technik praktizierten Betriebsverfahren werden die Walzgerüste beim Ein- und/oder Durchfädeln des Metallbandes mit konstanter Geschwindigkeit betrieben, was zur Folge hat, dass der Massstrom des Metallbandes konstant ist, und zwar aufgrund des Umstandes, dass der Bandkopf proportional zur Dickenabnahme in dem betreffenden Walzgerüst beschleunigt wird. Die Geschwindigkeit aller Walzgerüste richtet sich bei den im Stand der Technik bekannten Verfahren nach einer dann konstanten Zielgeschwindigkeit des Bandkopfs hinter dem letzten Walzgerüst.

[0017] Das Betriebsverfahren gemäß der Erfindung zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass die Geschwindigkeit der einzelnen Walzgerüste nicht konstant ist, sondern, dass die Geschwindigkeit der einzelnen Walzgerüste entsprechend einer in einer übergeordneten Prozesssteuerung, vorzugsweise in der Level 2 Automation, errechneten Geschwindigkeitsvorgabe, geregelt wird. Daraus ergibt sich eine "Geschwindigkeitskaskade" bzw. ein Geschwindigkeitsprofil für das Metallband über den Einlauf und/über den Einfädelvorgang.

[0018] Diese Vorgehensweise hat den Vorzug, dass die Einfädelgeschwindigkeit des Metallbandes in die Walzgerüste deutlich erhöht werden kann, wodurch eine beachtliche Zeitersparnis und somit auch Produktivitätssteigerung erzielt wird.

[0019] Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn als Geschwindigkeitsvorgabe eine maximal mögliche Einfädelgeschwindigkeit vor einem ersten Walzgerüst und/oder zwischen zwei Walzgerüsten errechnet wird, unter der Bedingung, dass eine errechnete und/oder vorgegebene maximale Walzgeschwindigkeit für den gesamten Walzprozess nach Abschluss des Einfädelvorgangs nicht überschritten wird.

[0020] Die Geschwindigkeitsregelung derart, dass die Geschwindigkeit des Bandkopfes, des Bandfußes oder eines Bandübergangs im jeweiligen Zwischengerüsbereich nicht mehr im Verhältnis der Gesamtdickenabnahme errechnet wird, sondern grundsätzlich so schnell wie möglich erfolgt, ohne dabei eine errechnete Auslaufgeschwindigkeit zu überschreiten, hat den Vorzug, dass beim Einfädelvorgang eine Zeitersparnis von etwa bis zu 30 % erzielt werden kann.

[0021] Die Berechnung der Geschwindigkeitsvorgabe für den Einlauf und/oder das Einfädeln des Metallbandes erfolgt vorzugsweise unter Berücksichtigung der technischen Grenzen und der Randbedingungen der Aggregate der Walzstraße sowie unter Berücksichtigung gegebener Prozessgrößen für den Walzprozess. Technische Grenzen und Randbedingungen der Aggregate der Walzstraße sind beispielsweise die maximale Leistung von Antrieben der Walzgerüste oder deren maximal möglicher Anstichstoß.

[0022] Vorgegebene Prozessgrößen umfassen die Temperatur des Metallbandes, den Temperaturverlauf des Metallbandes über dessen Länge und/oder über dessen Breite, der maximal mögliche und/oder zulässige Bandzug, die Planheit des Metallbandes, die aufbringbare Umformenergie, die Bandgeometrie, insbesondere die Bandbereitung, die Enthalpieerhaltung, die spezifische Enthalpie, die Oberflächenqualität des fertigen Metallbandes, die Gefügestruktur und die Streckgrenze des Metallbandes.

[0023] Grundsätzlich ist es vorteilhaft, wenn die Geschwindigkeit des Metallbandes beim Einfädeln über alle Walzgerüste in der Prozesssteuerung variabel parametrierbar ist.

[0024] Die Geschwindigkeitsregelung kann eine datenbasierte und/oder regelbasierte Geschwindigkeitsvorgabe umfassen, beispielsweise material- und/oder dimensionsbezogen. Eine datenbasierte Vorgabe im Sinne der vorliegenden Erfindung meint, dass durch eine automatisierte Analyse einer großen Datenmenge die optimale Geschwindigkeit für den Bandkopf über den gesamten Weg beim Einfädeln und/oder Durchfädeln durch die Walzstraße ermittelt wird und die einzelnen Walzgerüste entsprechend über die Level 1 Automation angesteuert werden.

[0025] Alternativ oder zusätzlich kann auch eine regelbasierte Vorgabe der optimalen Geschwindigkeit, beispielsweise material- und/oder dimensionsbezogen, vorgesehen sein.

[0026] Zweckmäßigerweise ist eine Abstandsüberwachung des Bandkopfs zu einem Bandfuß eines stromabwärts die Walzstraße durchlaufenden Metallbandes vorgesehen, wobei die Geschwindigkeitsregelung einen Mindestabstand zu dem Bandfuß des stromabwärts die Walzstraße durchlaufenden Metallbandes als Randbedingung berücksichtigt. Das ist vorteilhaft und sinnvoll, um sicherzustellen, dass das gewalzte Band nicht auf den vorausseilenden Bandfuß aufläuft.

[0027] Wenn das Betriebsverfahren der Erfindung für die Prozesssteuerung einer Warmbandstraße angewendet wird, bei welcher ein Warmband als Vorband aus einer Vorstraße in eine Fertigstraße eingefädelt wird, hat das den Vorzug, dass durch die erhöhte Einfädelgeschwindigkeit am Bandkopf geringere Wärmeverluste auftreten und ein homogeneres Temperaturprofil über die Bandlänge erzielt werden kann.

[0028] In diesem Fall ist es vorteilhaft, wenn das Verfahren eine Steuerung der Temperatur des Bandkopfs umfasst. Eine solche Temperatursteuerung kann beispielsweise in Abhängigkeit einer Soll - Temperatur des Bandkopfs erfolgen.

Der Temperaturverlauf bzw. das Temperaturprofil des Metallbandes ist insbesondere abhängig von der Dicke des Metallbandes. Bei dünneren Metallbändern kann eine Referenz Temperatur am Bandkopf überhaupt erst durch die erfindungsgemäße Fahrweise bzw. durch die erfindungsgemäße Regelung erreicht werden.

[0029] Die Temperatur des Vorbandes kann beispielsweise durch eine mehrfache Nutzung einer Einrichtung zum Entzundern und/oder über eine Temperatursteuerung und/oder -Regelung eines der Vorstraße vorgeschalteten Ofens und/ über ein dem Metallbad in der Vorstraße aufgegebenes Dickenprofil geregelt werden.

[0030] Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, dass der Kühlmittelvolumenstrom wenigstens einer Zwischen-gerüstkühlung in Abhängigkeit der Geschwindigkeit wenigstens eines Walzgerüsts gesteuert und/oder geregelt wird.

[0031] Um den Abstand zwischen zwei verschiedenen Produkten oder zwei hintereinander zu fertigenden Metallbändern beeinflussen zu können, ist es vorteilhaft, wenn die Wickelgeschwindigkeit wenigstens eines Haspels zum Aufwickeln des fertig gewalzten Metallbandes in Abhängigkeit einer Geschwindigkeitskaskade des Metallbandes über mehrere Walzgerüste gesteuert und/oder geregelt wird.

[0032] Das Verfahren gemäß der Erfindung wird nachstehend anhand eines in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels erläutert.

[0033] Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung einer Stranggießanlage mit einer Walzstraße, auf welche das Betriebsverfahren gemäß der Erfindung anwendbar ist,

Figur 2 eine schematische Darstellung eines Regelungskonzepts für die Geschwindigkeitsregelung an einer Vielzahl von Walzgerüsten und

Figur 3 eine schematische Gegenüberstellung der Temperatursteuerung für ein Warmwalzverfahren mit einer Regelung gemäß der Erfindung, einerseits für dünne Metallbänder mit einer Dicke von weniger als 2 mm und andererseits für dickere Metallbändern mit einer Dicke von mehr als 2 mm.

[0034] Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Gießwalzanlage mit einer Stranggießanlage 1, der eine Vorstraße 2 und eine Fertigstraße 3 nachgeschaltet ist. Die Vorstraße 2 umfasst einen ersten Ofen 4, zwei Vorgerüste 5, einen zweiten Ofen 6 sowie eine Schere 7.

[0035] Die Fertigstraße 3 umfasst einen Zunderwäscher 8 sowie eine Vielzahl von Walzgerüsten F1 bis Fn, die in einer Walzlinie hintereinander angeordnet sind.

[0036] Das Verfahren gemäß der Erfindung wird anhand der in Figur 1 schematisch und vereinfacht dargestellten Gießwalzanlage erläutert. Wie dies eingangs bereits erwähnt wurde, ist das Betriebsverfahren gemäß der Erfindung nicht auf eine solche Anlage beschränkt, vielmehr bezieht sich dieses auf die Geschwindigkeitsregelung der Walzgerüste F1 bis Fn, die bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel als Fertigerüste in einer Fertigstraße 3 angeordnet sind.

[0037] Bei dem Verfahren gemäß Ausführungsbeispiel wird ein mit der Stranggießanlage 1 hergestellter Gießstrang mittels der Vorgerüste 5 beispielsweise zu einem Metallband in Form einer Dünnbramme vorgewalzt, die nach einer Entzunderung in dem Zunderwäscher 8 in die Walzgerüste F1 bis Fn der Fertigstraße 3 eingefädelt wird. Die in der Fertigstraße 3 angeordneten Walzgerüste F1 bis Fn werden jeweils über eine übergeordnete und nicht dargestellte Prozesssteuerung angesteuert, wobei die Prozesssteuerung eine Level 2 Automatisierungsebene und eine darunter angeordnete Level 1 Automatisierungsebene zur direkten Steuerung und Regelung der Walzgerüste F1 bis Fn umfasst.

[0038] Das Betriebsverfahren gemäß der Erfindung umfasst eine Geschwindigkeitsregelung und Geschwindigkeitssteuerung der Walzgerüste F1 bis Fn derart, dass die Einlaufgeschwindigkeit des Metallbandes, im vorliegenden Fall der Dünnbrammen, in die Walzgerüste F1 bis Fn beim Einfädeln so geregelt wird, dass die Geschwindigkeit des Bandkopfs für jedes Walzgerüst F1 bis Fn eine maximal mögliche Einfädelgeschwindigkeit vor einem ersten Walzgerüst F1 und jeweils zwischen zwei Walzgerüsten F1 bis Fn aufweist, und zwar unter Berücksichtigung der jeweiligen technischen Grenzen und Randbedingungen der Walzgerüste F1 bis Fn und unter Berücksichtigung des Umstandes, dass eine errechnete und/oder vorgegebene maximale Walzgeschwindigkeit nach Abschluss des Einfädelvorgangs nicht überschritten wird.

[0039] Wenn und soweit das anhand der Figuren beschriebene Ausführungsbeispiel sich auf die Geschwindigkeit des Bandkopfs bezieht, so ist die Erfindung gleichwohl so zu verstehen, dass eine solche Regelung sich auf die Geschwindigkeit des Bandfußes, beispielsweise bei einem reversierenden Betrieb der Walzstraße, und/oder auf die Geschwindigkeit eines Abschnittswechsels, d. h. einer Änderung der Produktgeometrie aufgrund eines geplanten Produktwechsels, bezieht.

[0040] Eine schematische Darstellung des Regel- und Steuerkonzeptes gemäß dem erfindungsgemäßen Betriebsverfahren ist in Figur 2 gezeigt. Das Warmband/Vorband bzw. die Bramme wird zunächst mit maximal möglicher Geschwindigkeit in das erste Walzgerüst F1 eingefädelt. Das erste Walzgerüst F1 wird mit maximaler Drehzahl betrieben. Die Grenze der Einlaufgeschwindigkeit des Metallbandes in das erste Walzgerüst F1 wird bestimmt durch die maximale

Geschwindigkeit des Entzunderungsvorgangs innerhalb des Zunderwäschers 8, die maximale Geschwindigkeit des Rollgangs und den Sicherheitsabstand zu dem vorauslaufenden Metallband. Weiterhin ergibt sich die maximale Geschwindigkeit des ersten Walzgerüsts F1 durch dessen Motorleistung und den maximalen Anstichstoß. Daraus ergibt sich eine Anfangsgeschwindigkeit V_0 vor dem ersten Walzgerüst F1.

[0041] Im Moment des Anstichs an dem Walzgerüst F2, d. h., wenn der Bandkopf des Metallbandes in das Walzgerüst F2 eingefädelt wird, ist die Drehzahl des Walzgerüsts bzw. dessen Geschwindigkeit gegebenenfalls höher als V_0 . Erst mit dem Anstich wird das Walzgerüst F1 abgebremst und der Bandkopf auf die entsprechende Geschwindigkeit gebracht. Das hat den Vorteil, dass der Bandzug zwischen den Walzgerüsten F1 und F2 verhältnismäßig schnell und sicher aufgebaut wird. Die Geschwindigkeit der Walzgerüste F1 und F2 wird soweit wie möglich erhöht. Ist eine Erhöhung nicht möglich, so ist die resultierende Geschwindigkeit des Bandkopfs in dem Gerüstbereich zwischen dem Walzgerüst F1 und dem Walzgerüst F2 gleich der Geschwindigkeit, die sich aus der Dickenabnahme des Metallbandes ergibt.

[0042] Der Massefluss bzw. Volumenstrom durch alle Walzgerüste richtet sich nach der Geschwindigkeit des Bandkopfs, die erfindungsgemäß nach einem übergeordneten Regelungsziel vorgegeben werden kann und variabel ist.

[0043] Die Geschwindigkeit des Bandkopfs V_{Bandkopf} und/ oder die Geschwindigkeit des Bandfußes $V_{\text{Bandfuß}}$ und/ oder die Geschwindigkeit eines Abschnittwechsels $V_{\text{Produktwechsel}}$ kann frei vorgegeben werden, um ein übergeordnetes Regelungsziel, im einfachsten Fall eine Maximierung, zu erreichen. Dabei müssen die technischen Randbedingungen bzw. Grenzen und die vorgegebenen Prozessbedingungen des Walzprozesses eingehalten werden.

[0044] Diese sind:

$V_{\text{maxWalzgerüste}}$ für alle Walzgerüste 1 bis n
 $V_{\text{maxBandkopfTransport}}$ für die Geschwindigkeit des Bandkopfes selbst
 mit:

$V_{\text{MaxWalzgerüstn}} = \text{MIN}$ (physikalische Grenzen des Walzgerüsts; physikalische Grenzen des Walzprozesses; Prozessvorgaben und – grenzen (z.B. Temp. / Dicke, Voreilung...))

$V_{\text{maxBandkopfTransport}} = \text{MIN}$ (maximal mögliche Bandkopf Transportgeschwindigkeit: maximal sinnvolle (prozessbedingt) Bandkopf Transportgeschwindigkeit

[0045] Die Geschwindigkeitsvorgabe von V_{Bandkopf} , $V_{\text{Bandfuß}}$ und/ oder $V_{\text{Produktwechsel}}$ sollte jederzeit die massenflussrichtige Ansteuerung des Zusammenspiels der verschiedenen Walzgerüste gewährleisten. Dies erfolgt durch eine zielgenaue Einspeisung der übergeordneten Geschwindigkeitsvorgabe in die sogenannte Geschwindigkeitskaskade (s. Figur 2, [Lim Fn])
 Wobei

V = Geschwindigkeit
 D = Dicke

[0046] Dabei ist die Funktion $\text{Min}(A; B)$ eine Funktion, die aus beiden Werten A, B den kleineren Wert ausgibt.

[0047] Die wie vorstehend beschrieben ermittelte Geschwindigkeit des Bandkopfs wird mit einer gegebenen errechneten Endgeschwindigkeit des Metallbandes hinter dem letzten Walzgerüst Fn verglichen. Aus beiden Werten wird das Minimum ausgewählt, damit das Metallband die letztendlich nach dem Einfädelvorgang vorgesehene Endgeschwindigkeit nicht überschreitet.

[0048] Das erfindungsgemäße Betriebsverfahren umfasst, wie eingangs bereits ausgeführt wurde, eine Steuerung der Temperatur des Metallbandes, insbesondere des Bandkopfs.

[0049] Die Figur 3 zeigt zwei Diagramme, in denen die Temperatur des Metallbandes, der Massenfluss bzw. Volumenstrom des Materials, und die Einzugsgeschwindigkeit des Haspels über die Länge der Walzstraße aufgetragen sind, wobei die linke Darstellung die betreffenden Größen für eine Dicke des Metallbandes von weniger als 2 mm und die rechte Darstellung die betreffenden Größen für eine Dicke des Metallbandes von mehr als 2 mm zeigt. Die Diagramme veranschaulichen die Temperatur- und Geschwindigkeitsprofile für das Betriebsverfahren gemäß der Erfindung. Die Linie, die den Massenfluss kennzeichnet, veranschaulicht zunächst die sogenannte Geschwindigkeitskaskade, die beispielsweise der Bandkopf des Metallbandes vollzieht, wenn dieser die Walzgerüste F1 bis F6 durchläuft. Das Geschwindigkeitsprofil nimmt von Walzgerüst F1 zu Walzgerüst Fn geringfügig stufenweise bis zu einer konstanten Endgeschwin-

digkeit ab und steigt dann stufenweise wieder an, wenn das Metallband von dem Haspel aufgewickelt wird. Darüber sind der tatsächliche Temperaturverlauf des Metallbandes und die Referenztemperatur des Metallbandes eingezeichnet. Die Referenztemperatur bezeichnet diejenige Temperatur, die zur Erzielung bestimmter Gefüge Eigenschaften des fertigen Produkts angestrebt wird. Schließlich ist der Wasserverbrauch einer Zwischengerüstkühlung über die Länge der Walzstraße eingezeichnet. Im Falle der linken Darstellung erreicht das Walzgut an einer Temperatur-Messstelle hinter dem Walzgerüst F6 die Referenztemperatur. Diese fällt allerdings wegen einer verhältnismäßig hohen Auskühlungsrate des Walzguts unmittelbar hinter der Vorstraße wieder ab. Eine Zwischengerüstkühlung wird mit einer minimalen Wassermenge erreicht. Der Anstieg des Wasserverbrauchs gegen Ende des Walzvorgangs ist auf einer dort vorgesehene Kühlstrecke zurückzuführen.

[0050] Wie aus der rechten Darstellung in Figur 3 ersichtlich ist, bleibt der Bandkopf hinter dem letzten Walzgerüst F6 bzw. hinter einer Temperaturmessstelle auf der vorgesehenen Referenztemperatur. Dies resultiert insbesondere aus der erhöhten Einfädelgeschwindigkeit in die Walzgerüste F1 bis Fn. Da die Abkühlung des Bandkopfs aufgrund einer hohen Einfädelgeschwindigkeit und einer höheren Wärmekapazität nicht so schnell abfällt, wird anfänglich eine größere Wassermenge für die Zwischengerüstkühlung benötigt, die dann aber zunehmend geringer wird.

Bezugszeichenliste

[0051]

1	Stranggießanlage
2	Vorstraße
3	Fertigstraße
4	erster Ofen
5	Vorgerüste
6	zweiter Ofen
7	Schere
8	Zunderwäscher
F1 bis Fn	Walzgerüste

Patentansprüche

1. Betriebsverfahren für eine Walzstraße, die mehrere von einem Metallband zu durchlaufende Walzgerüste (F1-Fn) aufweist, wobei das Metallband nacheinander in wenigstens einige der Walzgerüste (F1-Fn) eingefädelt wird und das Metallband die Walzstraße unter stufenweiser Dickenreduzierung von einer Ausgangsdicke auf eine Zieldicke durchläuft, wobei das Verfahren eine Geschwindigkeitsregelung der einzelnen Walzgerüste (F1-Fn) mittels einer übergeordneten Prozesssteuerung umfasst, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens die Einlaufgeschwindigkeit des Metallbandes in die Walzstraße und/oder die Geschwindigkeit der Walzgerüste (F1-Fn) beim Einfädeln eines Bandkopfs und/oder eines Bandfußes oder eines geplanten Abschnittswechsels des Metallbandes in die Walzgerüste (F1-Fn) entsprechend einer Geschwindigkeitsvorgabe für das Metallband oder für Teile des Metallbandes geregelt wird.
2. Betriebsverfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Geschwindigkeitsvorgabe eine maximal mögliche Einfädelgeschwindigkeit vor einem ersten Walzgerüst (F1) und/oder zwischen zwei Walzgerüsten (F1-Fn) errechnet wird, unter der Bedingung, dass eine errechnete und/ oder vorgegebene maximale Walzgeschwindigkeit nach Abschluss des Einfädelvorgangs nicht überschritten wird.
3. Betriebsverfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Berechnung der Geschwindigkeitsvorgabe für den Einlauf und/oder das Einfädeln des Metallbandes unter Berücksichtigung der technischen Grenzen und Randbedingungen der Aggregate der Walzstraße und unter Berücksichtigung vorgegebener Prozessgrößen für den Walzprozess erfolgt.
4. Betriebsverfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die vorgegebenen Prozessgrößen ausgewählt sind aus einer Gruppe von Prozessgrößen umfassend die Temperatur des Metallbandes, den Temperaturverlauf über die Länge und/ oder die Breite des Metallbandes, den maximal möglichen und/oder zulässigen Bandzug, die Planheit, die Umformenergie, die Bandgeometrie, insbesondere die Bandbreite, die Enthalpieerhaltung, die spezifische Enthalpie, die Oberflächenqualität des Metallbandes, die Gefügestruktur, die Streckgrenze.

5. Betriebsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Geschwindigkeit des Metallbandes beim Einfädeln über alle Walzgerüste (F1-Fn) in der Prozesssteuerung variabel parametrierbar ist.
6. Betriebsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Geschwindigkeitsregelung eine datenbasierte und/ oder regelbasierte Geschwindigkeitsvorgabe umfasst.
7. Betriebsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, als Betriebsverfahren für eine Warmbandstraße, in die ein Warmband als Vorband aus einer Vorstraße (2) eingefädelt wird.
8. Betriebsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren eine Abstandsüberwachung des Bandkopfs zu einem Bandfuß eines stromabwärts die Walzstraße durchlaufenden Metallbandes umfasst, wobei die Geschwindigkeitsregelung einen Mindestabstand zu dem Bandfuß des stromabwärts die Walzstraße durchlaufenden Metallbandes als Randbedingung der Berechnung der Geschwindigkeitsvorgabe berücksichtigt.
9. Betriebsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren eine Steuerung der Temperatur des Metallbandes, insbesondere des Bandkopfs umfasst.
10. Betriebsverfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperatur des Vorbandes in Abhängigkeit einer Soll-Temperatur des Bandkopfs hinter der Fertigstraße gesteuert wird.
11. Betriebsverfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperatur des Vorbandes durch eine mehrfache Nutzung einer Einrichtung zum Entzundern und/oder über eine Temperaturregelung und/oder -Regelung eines der Vorstraße vorgeschalteten Ofens und/ über ein dem Metallbad in der Vorstraße aufgegebenes Dickenprofil geregelt wird.
12. Betriebsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kühlmittelvolumenstrom wenigstens einer Zwischengerüstkühlung in Abhängigkeit der Geschwindigkeit wenigstens eines Walzgerüsts gesteuert und/oder geregelt wird.
13. Betriebsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wickelgeschwindigkeit wenigstens eines Haspels zum Aufwickeln des fertig gewalzten Metallbandes in Abhängigkeit einer Geschwindigkeitskaskade des Metallbandes über mehrere Walzgerüste gesteuert und/oder geregelt wird.

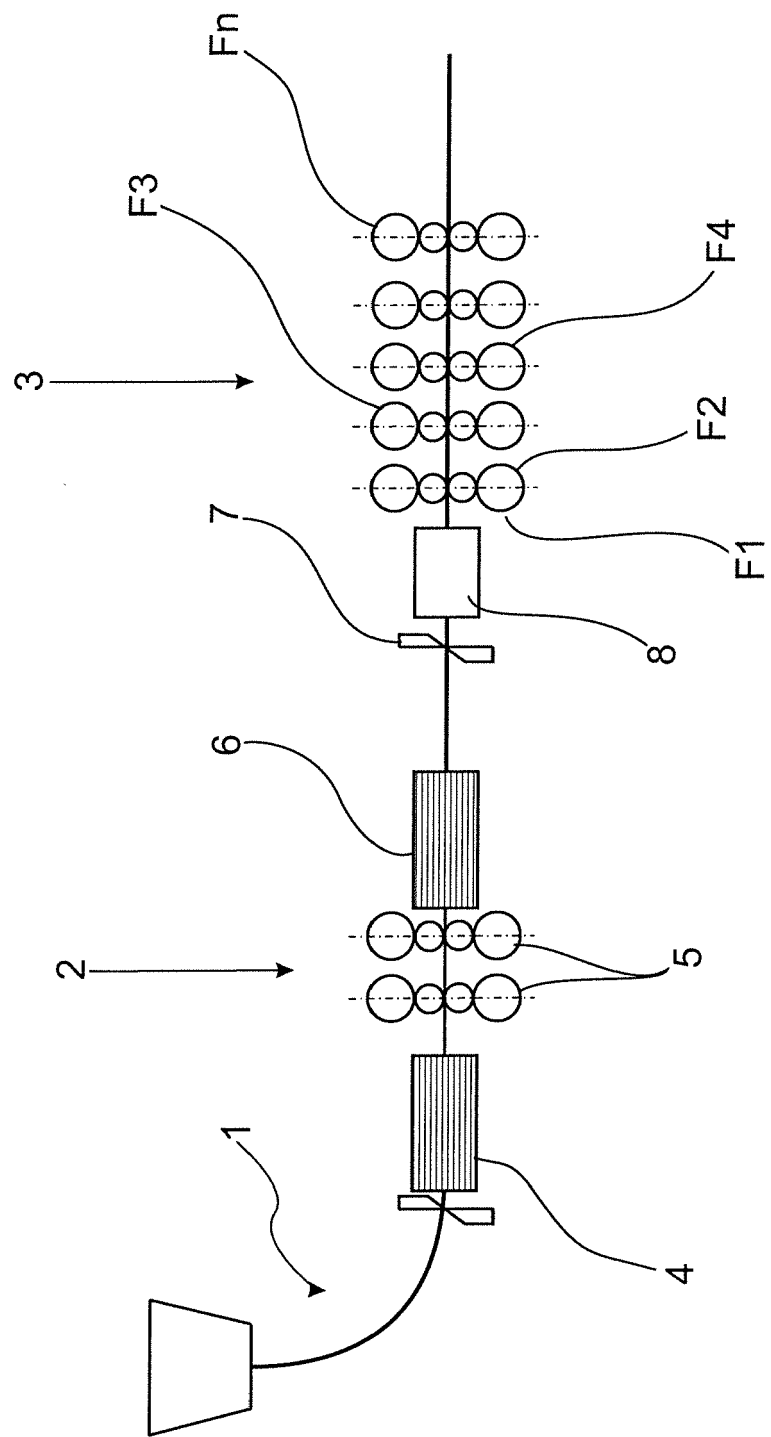
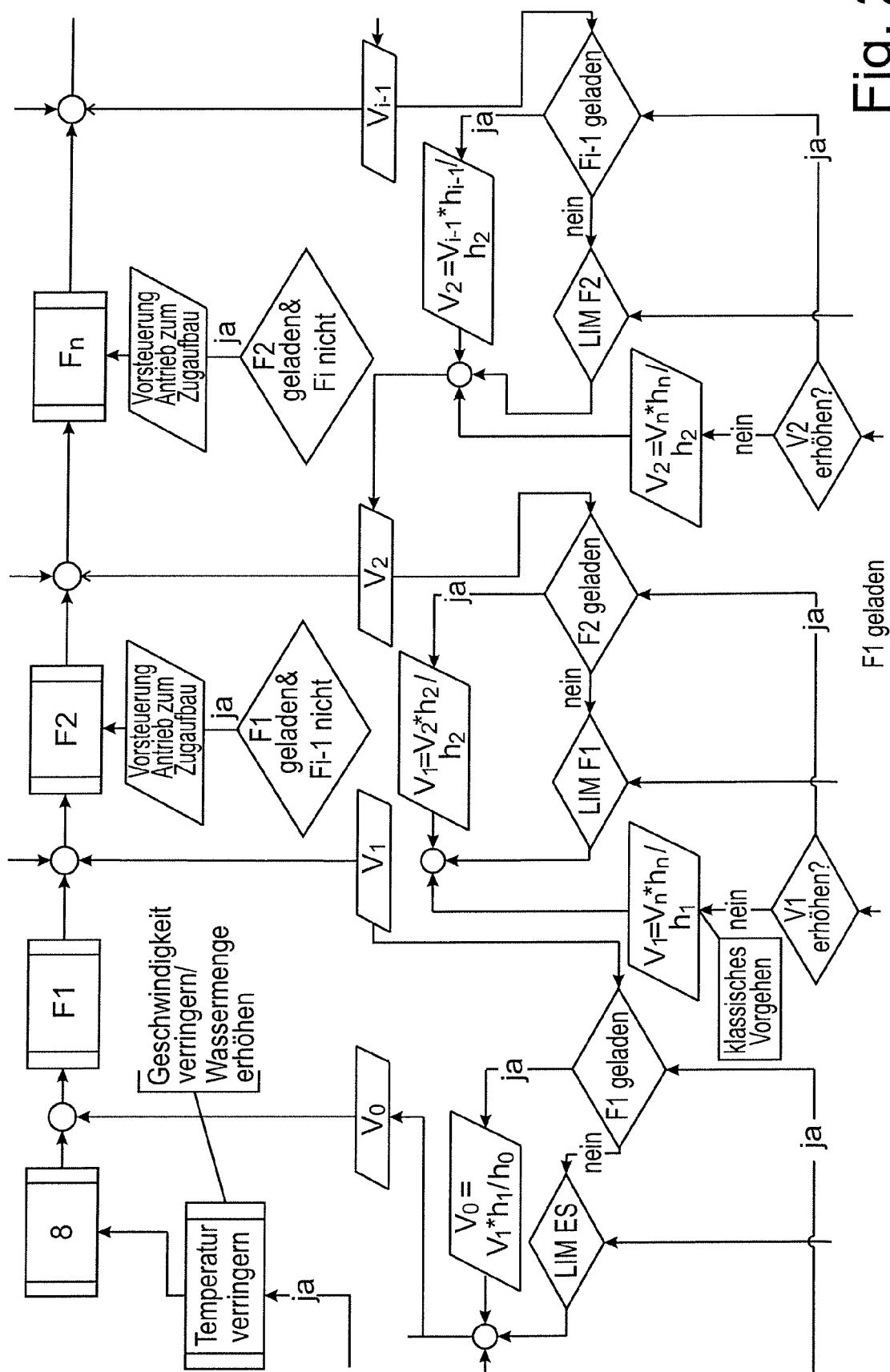


Fig. 1



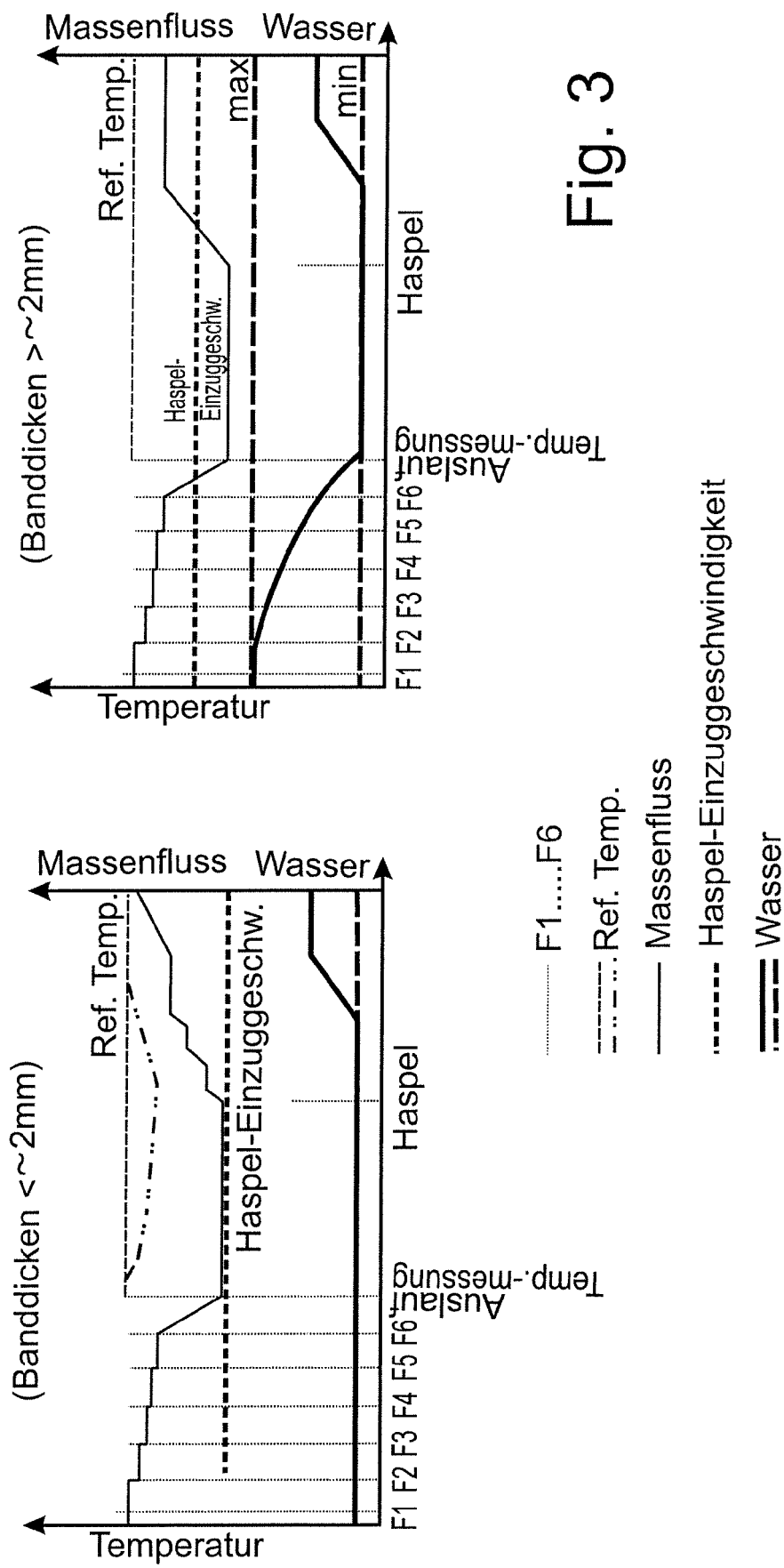


Fig. 3



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 16 1456

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	US 4 460 852 A (KONDO KATSUYA [JP] ET AL) 17. Juli 1984 (1984-07-17) * Spalte 5, Zeile 43 - Zeile 64; Ansprüche 1-6; Abbildungen 1-8 *	1-13	INV. B21B37/46
A	EP 3 437 748 A1 (SMS GROUP GMBH [DE]) 6. Februar 2019 (2019-02-06) * Ansprüche 1-13; Abbildungen 1-2 *	1-13	
A	DE 197 26 586 A1 (SIEMENS AG [DE]) 7. Januar 1999 (1999-01-07) * Ansprüche 1, 9-10; Abbildungen 1-4 *	1-13	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B21B
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München		14. Juli 2023	Forciniti, Marco
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 : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

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

EP 23 16 1456

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

14-07-2023

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4460852 A	17-07-1984	CA 1178693 A	27-11-1984
		GB 2092781 A	18-08-1982
		GB 2133182 A	18-07-1984
		JP S6016850 B2	27-04-1985
		JP S57130713 A	13-08-1982
		US 4460852 A	17-07-1984
		US 4506197 A	19-03-1985
EP 3437748 A1	06-02-2019	EP 3437748 A1	06-02-2019
		US 2019039107 A1	07-02-2019
DE 19726586 A1	07-01-1999	AT 235327 T	15-04-2003
		DE 19726586 A1	07-01-1999
		EP 0991484 A1	12-04-2000
		US 6311532 B1	06-11-2001
		WO 9858752 A1	30-12-1998

EPO FORM P0461

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