



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
29.01.2020 Patentblatt 2020/05

(51) Int Cl.:
B21B 37/74 (2006.01) **B21B 37/76** (2006.01)
B21B 45/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18185526.3**

(22) Anmeldetag: **25.07.2018**

(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 MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(72) Erfinder: **Weinzierl, Klaus**
90480 Nürnberg (DE)

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

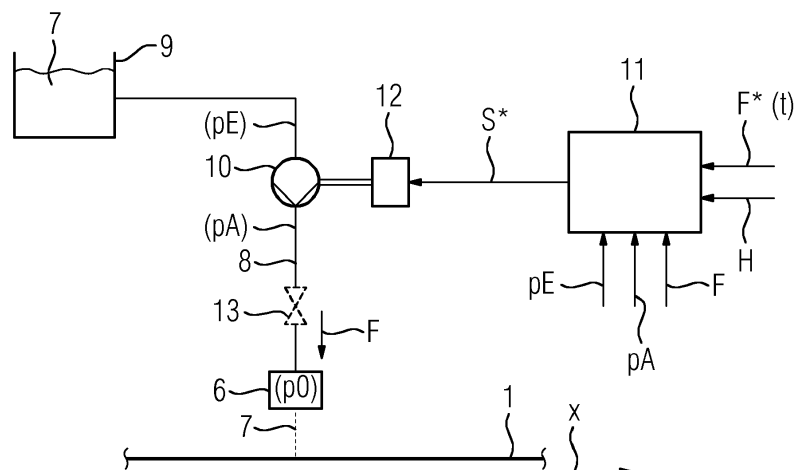
(71) Anmelder: **Primetals Technologies Germany GmbH**
91052 Erlangen (DE)

(54) **KÜHLSTRECKE MIT EINSTELLUNG DER KÜHLMITTELSTRÖME DURCH PUMPEN**

(57) Eine Kühlstrecke (2) ist innerhalb einer Walzstraße angeordnet oder der Walzstraße vor- oder nachgeordnet. Mittels der Kühlstrecke (2) wird ein heißes Walzgut (1) aus Metall gekühlt. Aufbringeinrichtungen (6) der Kühlstrecke (2) wird über eine jeweilige Versorgungsleitung (8) und eine jeweilige Pumpe (10) ein jeweiliger Ist-Strom (F) eines flüssigen, auf Wasser basierenden Kühlmittels (7) zugeführt. Der jeweilige Ist-Strom (F) des Kühlmittels (7) wird mittels der jeweiligen Aufbringeinrichtung (6) auf das heiße Walzgut (1) aufgebracht. Das heiße Walzgut (1) wird innerhalb der Kühlstrecke (2) während des Aufbringens des Kühlmittels (7) in einer ho-

izontalen Transportrichtung (x) transportiert. Eine Steuereinrichtung (11) der Kühlstrecke (2) ermittelt in Abhängigkeit von einem mittels der jeweiligen Aufbringeinrichtung (6) auf das heiße Walzgut (1) aufzubringenden jeweiligen Soll-Strom (F^*) des Kühlmittels (7) dynamisch einen jeweiligen Soll-Ansteuerzustand (S^*) für die jeweilige Pumpe (10) und steuert die jeweilige Pumpe (10) entsprechend an, so dass der von der jeweiligen Pumpe (10) geförderte jeweilige Ist-Strom (F) dem jeweiligen Soll-Strom (F^*) jederzeit so weit wie möglich angenähert wird.

FIG 4



Beschreibung

Gebiet der Technik

5 **[0001]** Die vorliegende Erfindung geht aus von einem Betriebsverfahren für eine Kühlstrecke, die innerhalb einer Walzstraße angeordnet ist oder der Walzstraße vor- oder nachgeordnet ist und mittels derer ein heißes Walzgut aus Metall gekühlt wird,

- 10 - wobei einer Anzahl von Aufbringeinrichtungen der Kühlstrecke über eine jeweilige Versorgungsleitung und eine jeweilige Pumpe ein jeweiliger Ist-Strom eines flüssigen, auf Wasser basierenden Kühlmittels zugeführt wird,
- wobei der jeweilige Ist-Strom des Kühlmittels mittels der jeweiligen Aufbringeinrichtung auf das heiße Walzgut aufgebracht wird,
- wobei das heiße Walzgut innerhalb der Kühlstrecke während des Aufbringens des Kühlmittels in einer horizontalen Transportrichtung transportiert wird.

15 **[0002]** Die vorliegende Erfindung geht weiterhin aus von einer Kühlstrecke, die innerhalb einer Walzstraße angeordnet ist oder der Walzstraße vor- oder nachgeordnet ist und mittels derer ein heißes Walzgut aus Metall gekühlt wird,

- 20 - wobei die Kühlstrecke eine Anzahl von Aufbringeinrichtungen aufweist, über die über eine jeweilige Versorgungsleitung der Kühlstrecke und eine jeweilige Pumpe der Kühlstrecke ein jeweiliger Ist-Strom eines flüssigen, auf Wasser basierenden Kühlmittels zugeführt wird,
- wobei der jeweilige Ist-Strom des Kühlmittels mittels der jeweiligen Aufbringeinrichtung auf das heiße Walzgut aufgebracht wird,
- 25 - wobei das heiße Walzgut in der Kühlstrecke während des Aufbringens des Kühlmittels in einer horizontalen Transportrichtung transportiert wird.

30 **[0003]** In der Kühlstrecke eines Walzwerks wird ein metallisches Walzgut nach dem Walzen abgekühlt. Das Walzgut kann beispielsweise aus Stahl oder Aluminium bestehen. Es kann sich nach Bedarf um ein flaches Walzgut (Band oder Grobblech), um ein stabförmiges Walzgut oder um ein Profil handeln. Üblich ist eine exakte Temperaturführung in der Kühlstrecke, um gewünschte Materialeigenschaften einzustellen und mit niedrigerer Streuung konstant zu halten. Insbesondere bei einer der Walzstraße nachgeordneten Kühlstrecke sind zu diesem Zweck entlang der Kühlstrecke mehrere Spritzbalken verbaut, mittels derer zur Kühlung des heißen Walzguts von oben und von unten ein flüssiges Kühlmittel, meist Wasser, auf das Walzgut aufgebracht wird. Die durch den jeweiligen Spritzbalken fließende Wassermenge soll möglichst schnell und möglichst präzise einstellbar sein.

35 Stand der Technik

[0004] Zur Einstellung der den Spritzbalken zugeführten Wassermengen ist es beispielsweise bekannt, in den Versorgungsleitungen Schaltventile oder Regelventile anzuordnen. Schaltventile können nur rein binär angesteuert werden. Sind also entweder vollständig geöffnet oder vollständig geschlossen. Regelventile können kontinuierlich verstellt werden, so dass auch die im jeweiligen Spritzbalken zugeführte Wassermenge kontinuierlich eingestellt werden kann.

[0005] Im Falle von Regelventilen können die Ventile als Regelklappen oder als Kugelventile ausgebildet sein. Regelklappen sind relativ einfach und kostengünstig. Sie können aber nur mit relativ geringen Druckdifferenzen von meist maximal 1 bar betrieben werden. Anderenfalls treten Kavitationen auf, welche die Regelklappe sehr schnell schädigen. Regelklappen sind daher insbesondere für eine Intensivkühlung nicht geeignet. Aber auch in einer Laminarkühlstrecke sind sie oftmals von Nachteil. Insbesondere zeigen sie häufig eine Schalthysterese. Die Schalthysterese bewirkt, dass bei gleicher Ansteuerung der eingestellte Klappenwinkel unterschiedlich groß ist, je nachdem, ob die Regelklappe ausgehend von einer weiter geöffneten oder von einer weiter geschlossenen Stellung in die neue anzunehmende Stellung verstellt wird. Kugelventile weisen keine Klappe auf, sondern eine durchbohrte Kugel, die in einem Rohr gedreht wird. Je nach Drehstellung der Kugel wird dem Kühlmittel ein größerer oder ein kleinerer Querschnitt für den Durchfluss zur Verfügung gestellt. Kugelventile können mit höheren Druckdifferenzen bis ca. 3 bar betrieben werden. Eine Hysterese tritt bei ihnen nicht auf oder ist vernachlässigbar klein. Kugelventile sind jedoch teuer.

[0006] Bei einer anderen Lösung wird den Spritzbalken permanent das Kühlmittel zugeführt. Es ist jedoch eine ansteuerbare Umlenkplatte vorhanden. Je nach Stellung der Umlenkplatte wird das Kühlmittel entweder dem Walzgut zugeführt oder fließt seitlich ab, ohne zur Kühlung des Walzguts beizutragen. Bei dieser Anordnung sind schnelle Schaltvorgänge ohne Druckstöße möglich. Eine kontinuierliche Einstellung der Wassermenge ist jedoch nicht möglich. Weiterhin muss permanent der volle Kühlmittelstrom gefördert werden.

[0007] Alle Arten von Ventilen und auch die Umlenkplatten benötigen entsprechende Aktoren. Üblich sind pneumatisch

angetriebene Stellmotoren. Für Regelventile wird zusätzlich eine Positionsregelung benötigt. Diese vergleicht kontinuierlich die Iststellung des jeweiligen Regelventils mit dessen Sollstellung und regelt die Iststellung nach, bis sich eine hinreichende Übereinstimmung mit der Sollstellung ergibt.

[0008] Allen Anordnungen ist weiterhin gemeinsam, dass eine externe Versorgung mit Kühlmittel vorhanden sein muss. Das Kühlmittel kann beispielsweise einem Hochtank entnommen werden oder über eine größere Rohrleitung von einer weiter entfernten Pumpenstation antransportiert werden. Auch Kombinationen dieser Vorgehensweisen sind möglich. Beispielsweise wird bei einer sogenannten Intensivkühlung das Wasser oftmals zunächst einem Hochtank entnommen. Sodann wird der Druck über Boosterpumpen in variablem Umfang erhöht und dadurch mit entsprechend variablem Druck der Intensivkühlung zur Verfügung gestellt. Meist sind mehrere Boosterpumpen vorhanden, die jedoch alle parallel geschaltet sind, d.h. dass sie die Kühlflüssigkeit alle eingangsseitig aus dem gleichen Reservoir beziehen und ausgangsseitig einem gemeinsamen Sammelpunkt zuführen. Die Intensivkühlung ist mit mehreren Spritzbalken versehen, denen - ausgehend von den Boosterpumpen bzw. dem gemeinsamen Sammelpunkt - das Kühlmittel individuell über eine jeweilige Versorgungsleitung zugeführt wird. In den Versorgungsleitungen sind Kugelventile angeordnet, die zur Einstellung der dem jeweiligen Spritzbalken zugeführten Menge an Kühlmittel angesteuert werden.

[0009] Im Stand der Technik treten verschiedene Nachteile auf.

- Bei Schaltventilen gibt es Druckschläge beim Abschalten. Daher können Schaltventile nicht beliebig schnell abgeschaltet werden. Übliche Schaltzeiten liegen oberhalb von 1 Sekunde, manchmal bei bis zu 2 Sekunden.
- Mit Regelklappen und Kugelventilen werden ähnliche Regelzeiten erreicht. Weiterhin ist für jedes Regelventil eine Positionsregelung erforderlich. Die erreichbare Genauigkeit liegt bei ca. 1 % bis 2 %.
- Auch bei Regelventilen gibt es Druckschläge beim Abschalten. Daher können auch Regelventile nicht beliebig schnell geschlossen werden. Übliche Schaltzeiten liegen im Bereich von ca. 1 Sekunde.
- Bei allen Ventilen treten Strömungsverluste auf, die zu einem erhöhten Verschleiß und auch zu einem erhöhten Energieverbrauch führen.
- Die pneumatischen Stellantriebe sind anfällig für Defekte. Sie leiden insbesondere bei häufigen Stellvorgängen. Weiterhin benötigen sie zusätzliche Energie für die Steuerluft, die darüber hinaus gereinigt und getrocknet werden muss und beispielsweise von einem eigenen Kompressor zur Verfügung gestellt werden muss.

[0010] Aus der WO 2010/040 614 A2 ist eine Entzunderungseinrichtung bekannt, bei der eine Pumpe über einen drehzahlvariablen Antrieb angetrieben wird. Bei der Ansteuerung des Antriebs werden ein Betriebszustand des Entzunderungsbereichs und ein Füllgrad eines Hochdruck-Speichers berücksichtigt.

[0011] Aus der US 2008/0 035 298 A1 ist ein Gießprozess bekannt, bei dem unter anderem eine Kühlwasserquelle verwendet wird, die eine mit Wasser gekühlte Spule umfasst. Das Kühlwasser wird der Spule über eine Pumpe zugeführt, die eingeschaltet und ausgeschaltet werden kann und über einen Mechanismus zur Steuerung der Kühlmittelmenge verfügt. Es erfolgt ein Umwälzen (recirculating) der Flüssigkeit. Die Temperatur des gegossenen Metallstrangs wird erfasst und einer Steuereinrichtung zugeführt. Die Steuereinrichtung steuert in Abhängigkeit hiervon die Kühlwasserquelle.

[0012] Aus der US 2010/0 218 516 A1 ist ein Verfahren bekannt, bei dem ein Metallband im Rahmen einer Wärmebehandlung des Metallbands in einer Kühleinrichtung mit einem flüssigen Kühlmedium gekühlt wird. Das Metallband verläuft vertikal von unten nach oben. Das Kühlmedium ist Pentan oder eine Mischung aus Pentan und Hexan. Das Metallband befindet sich während des Aufbringens des Kühlmediums in einer Atmosphäre aus Schutzgas. In Abhängigkeit von der Temperatur des Metallbandes eingangsseitig und ausgangsseitig der Kühleinrichtung und der Geschwindigkeit des Metallbandes wird eine Kühlmittelmenge bestimmt, die von einer Pumpe zu den Aufbringeinrichtungen der Kühleinrichtung geführt werden soll. Entsprechend dem Ergebnis wird die Pumpe angesteuert.

[0013] Aus der US 2007/0 074 846 A1 ist ein Gießprozess bekannt, bei dem der gegossene Strang durch eine Kühlkammer geführt wird, in welcher der gegossene Strang mit einem flüssigen Kühlmedium gekühlt wird. Das flüssige Kühlmedium ist ein Metall oder ein geschmolzenes Salz. Das flüssige Kühlmedium wird mittels einer Umwälzpumpe aus einem Reservoir entnommen, der Kühlkammer zugeführt und sodann von der Kühlkammer aus wieder dem Reservoir zugeführt. Die Flüssigkeitsmenge wird in Abhängigkeit von den Temperaturen, mit denen das flüssige Kühlmedium der Kühlkammer zugeführt bzw. aus der Kühlkammer abgeführt wird, und in Abhängigkeit von dem Druck eingangsseitig der Kühlkammer geregelt.

[0014] Aus der US 2009/0 314 460 A1 ist ein Gießprozess bekannt, bei dem der gegossene Strang mittels einer Zweirollen-Gießmaschine gebildet wird. Die Rollen werden innen mit einem flüssigen Kühlmedium gekühlt. Das flüssige Kühlmedium ist ein Metall oder ein geschmolzenes Salz. Das flüssige Kühlmedium wird mittels einer Umwälzpumpe aus einem Reservoir entnommen, den Rollen zugeführt und sodann von der Kühlkammer aus wieder dem Reservoir zugeführt.

[0015] Aus der US 2012/0 298 224 A1 ist im Rahmen eines Walzwerks mit nachgeordneter Kühlstrecke der vorausschauende Betrieb einer Pumpe bekannt. Diese Pumpe speist jedoch nicht direkt Aufbringeinrichtungen, mittels derer

das Kühlmedium auf das heiße Walzgut aufgebracht wird, sondern fördert das Kühlmedium nur in ein Reservoir, damit dieses stets in hinreichendem Umfang gefüllt ist. Die Aufbringung des Kühlmittels auf das Walzgut selbst ist nicht näher erläutert.

5 Zusammenfassung der Erfindung

[0016] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, Möglichkeiten zu schaffen, mittels derer auf einfache und zuverlässige Weise eine Kühlstrecke mit überlegenen Betriebseigenschaften realisiert wird.

[0017] Die Aufgabe wird durch ein Betriebsverfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Betriebsverfahrens sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche 2 bis 9.

[0018] Erfindungsgemäß wird ein Betriebsverfahren der eingangs genannten Art dadurch ausgestaltet, dass eine Steuereinrichtung der Kühlstrecke in Abhängigkeit von einem mittels der jeweiligen Aufbringeinrichtung auf das heiße Walzgut aufzubringenden jeweiligen Soll-Strom des Kühlmittels dynamisch einen jeweiligen Soll-Ansteuerzustand für die jeweilige Pumpe ermittelt und die jeweilige Pumpe entsprechend ansteuert, so dass der von der jeweiligen Pumpe geförderte jeweilige Ist-Strom dem jeweiligen Soll-Strom jederzeit so weit wie möglich angenähert wird.

[0019] Die jeweilige Pumpe - genauer: der Antrieb für die jeweilige Pumpe - ist also ein drehzahlvariabler Antrieb. Er kann beispielsweise umrichter gesteuert sein. Im Rahmen der dynamischen Ansteuerung wird ausschließlich die jeweilige Pumpe angesteuert, nicht aber ein etwaiges in der jeweiligen Versorgungsleitung angeordnetes Ventil.

[0020] Es kann nach Bedarf eine Steuerung oder eine Regelung erfolgen. Im Falle einer Regelung wird einseitig oder ausgangsseitig der jeweiligen Pumpe der jeweilige Ist-Strom des flüssigen Kühlmittels erfasst und der Steuereinrichtung zugeführt.

[0021] In vielen Fällen ist das Walzgut ein flaches Walzgut, beispielsweise ein Band oder ein Grobblech. In diesem Fall ist es möglich, dass wird das flüssige Kühlmittel mittels der jeweiligen Aufbringeinrichtung von beiden Seiten auf das Walzgut aufgebracht wird. Alternativ ist es möglich, dass wird das flüssige Kühlmittel mittels der jeweiligen Aufbringeinrichtung nur von einer Seite, insbesondere von oben oder von unten, auf das Walzgut aufgebracht wird. Selbstverständlich ist auch in diesem Fall auch eine Aufbringung des Kühlmittels auf die andere Seite des flachen Walzguts möglich, so dass das flache Walzgut beispielsweise gleichzeitig von oben und von unten gekühlt wird. In diesem Fall sind aber zwei Aufbringeinrichtungen erforderlich, die separat angesteuert werden und prinzipiell auch voneinander unabhängig betrieben werden. Das erfindungsgemäße Betriebsverfahren wird in diesem Fall also sozusagen doppelt ausgeführt. Die Steuerung beider Pumpen kann jedoch einheitlich durch ein und dieselbe Steuereinrichtung erfolgen. Die Steuereinrichtung kann in diesem Fall, soweit erforderlich, auch gegenseitige Abhängigkeiten bei der Kühlung berücksichtigen.

[0022] Es ist möglich, dass die jeweilige Aufbringeinrichtung mehrere Spritzdüsen aufweist, die in Transportrichtung des Walzguts gesehen hintereinander angeordnet sind. Beispielsweise können innerhalb eines einzelnen Spritzbalkens Gruppen von Spritzdüsen gebildet werden, die über die jeweilige Versorgungsleitung und die jeweilige Versorgungsleitung und die jeweilige Pumpe einheitlich mit Kühlmittel versorgt werden. Auch können Gruppen von Spritzdüsen gebildet werden, die mehrere Spritzbalken übergreifen und über die jeweilige Versorgungsleitung und die jeweilige Pumpe einheitlich mit Kühlmittel versorgt werden. Diese Ausgestaltung kann insbesondere dadurch von Vorteil sein, dass weniger Pumpen benötigt werden, als wenn jeder Spritzbalken über eine eigene Versorgungsleitung und eine eigene Pumpe mit Kühlmittel versorgt würde.

[0023] In vielen Fällen weist die jeweilige Aufbringeinrichtung mehrere Spritzdüsen auf, die quer zur Transportrichtung des Walzguts gesehen nebeneinander angeordnet sind. Das kann insbesondere bei einem flachen Walzgut (Band oder Grobblech) sinnvoll sein. Die jeweilige Aufbringeinrichtung kann sich in diesem Fall über die volle Breite des Walzguts oder nur über einen Teil der Breite erstrecken. Im letztgenannten Fall sind nebeneinander mehrere Aufbringeinrichtungen angeordnet, die über jeweils eine eigene Versorgungsleitung und eine eigene Pumpe mit Kühlmittel versorgt werden, wobei die Pumpen unabhängig voneinander angesteuert werden.

[0024] Es ist möglich, dass zwischen der jeweiligen Pumpe und der jeweiligen Aufbringeinrichtung keine Absperreinrichtung angeordnet ist. Alternativ ist es möglich, dass zwischen der jeweiligen Pumpe und der jeweiligen Aufbringeinrichtung eine Absperreinrichtung angeordnet ist. In diesem Fall wird die Absperreinrichtung jedoch entweder während des Transports des Walzguts durch die Kühlstrecke permanent vollständig geöffnet gehalten oder sowohl öffnend als auch schließend ausschließlich dann betätigt, wenn eine Drehzahl der jeweiligen Pumpe unterhalb einer Minimaldrehzahl liegt. Die jeweilige Minimaldrehzahl ist in diesem Fall so klein, dass nur ein ganz geringfügiger Ist-Strom gefördert wird. Es ist auch möglich, dass die Absperreinrichtung nur manuell betätigbar ist, um die jeweilige Aufbringeinrichtung beispielsweise zu Wartungszwecken außer Betrieb nehmen zu können.

[0025] Es ist weiterhin möglich, dass der jeweiligen Pumpe eine jeweilige Rückleitung parallel geordnet ist. In diesem Fall weist die Rückleitung einen kleineren Querschnitt als die jeweilige Versorgungsleitung auf. Dadurch können Pumpen verwendet werden, bei denen konstruktionsbedingt immer ein gewisser Mindeststrom an Kühlmittel aufrechterhalten werden muss. Der Mindeststrom ist aber erheblich kleiner als der jeweils maximal mögliche Strom an Kühlmittel. Wenn

in einem derartigen Fall auf das Walzgut eine Menge an Kühlmittel aufgebracht werden soll, der kleiner als der jeweilige Mindeststrom ist, ist es lediglich erforderlich, ein in der Rückleitung angeordnetes Ventil entsprechend zu öffnen (Bypass-Betrieb).

[0026] Es ist weiterhin möglich, dass die jeweilige Pumpe immer dann, wenn der jeweilige Soll-Strom einen jeweiligen unteren Grenzwert unterschreitet, generatorisch betrieben wird oder mit invertierter Drehrichtung betrieben wird. Dadurch können auch sehr kleine Ist-Ströme realisiert werden. Weiterhin kann dadurch verhindert werden, dass bei einem kleinen Soll-Strom durch eine nicht selbst sperrende Pumpe ein zu großer Ist-Strom fließt.

[0027] In einer bevorzugten Ausgestaltung ist vorgesehen, dass in der jeweiligen Versorgungsleitung zwischen der jeweiligen Pumpe und der jeweiligen Aufbringeinrichtung ein Rückschlagventil oder eine Rückschlagklappe angeordnet ist. Dadurch kann verhindert werden, dass die jeweilige Pumpe trocken läuft und dadurch beschädigt wird.

[0028] Vorzugsweise ist vorgesehen, dass vor der jeweiligen Pumpe ein eingangsseitiger Druck des flüssigen Kühlmittels erfasst wird und die Steuereinrichtung den erfassten eingangsseitigen Druck bei der Ermittlung des jeweiligen Soll-Ansteuerzustands der jeweiligen Pumpe berücksichtigt. Dadurch kann eine genauere Ermittlung des jeweiligen Soll-Ansteuerzustands für die jeweilige Pumpe erfolgen.

[0029] Es ist möglich, dass hinter der jeweiligen Pumpe ein ausgangsseitiger Druck des flüssigen Kühlmittels erfasst wird und dass die Steuereinrichtung den erfassten ausgangsseitigen Druck bei der Ermittlung des jeweiligen Soll-Ansteuerzustands der jeweiligen Pumpe berücksichtigt. Dies führt zu einer noch genaueren Ermittlung des jeweiligen Soll-Ansteuerzustands.

[0030] Vorzugsweise ermittelt die Steuereinrichtung den jeweiligen Soll-Strom in Abhängigkeit von einem unmittelbar vor Erreichen der jeweiligen Aufbringeinrichtung bestehenden jeweiligen thermodynamischen Energiezustand des Walzguts. Dadurch kann eine besonders genaue Temperaturführung realisiert werden. Der thermodynamische Energiezustand des Walzguts kann der Steuereinrichtung beispielsweise aufgrund einer vorherigen Messung bekannt sein. Alternativ ist es möglich, dass ausgehend von einem bekannten thermodynamischen Energiezustand eine modellgestützte Berechnung des jeweiligen thermodynamischen Energiezustands erfolgt.

[0031] Bei einer Kühlstrecke sind oftmals viele Aufbringeinrichtungen sequenziell hintereinander angeordnet. Die zugehörigen Ist-Ströme des Kühlmittels werden dadurch mittels der Aufbringeinrichtungen sequenziell nacheinander auf das heiße Walzgut aufgebracht. In diesem Fall wird das erfindungsgemäße Betriebsverfahren vorzugsweise dadurch ausgestaltet, dass die Steuereinrichtung den jeweiligen thermodynamischen Energiezustand des Walzguts anhand des thermodynamischen Energiezustands des Walzguts vor der unmittelbar vorhergehenden Aufbringeinrichtung unter zusätzlicher Berücksichtigung des Soll-Stroms des Kühlmittels oder des Ist-Stroms des Kühlmittels ermittelt, der mittels der unmittelbar vorhergehenden Aufbringeinrichtung auf das heiße Walzgut aufgebracht wird bzw. aufgebracht werden soll. Die Berechnung der thermodynamischen Energiezustände kann also sequenziell nacheinander erfolgen.

[0032] Die Aufgabe wird weiterhin durch eine Kühlstrecke mit den Merkmalen des Anspruchs 10 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Kühlstrecke sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche 11 bis 18.

[0033] Erfindungsgemäß wird eine Kühlstrecke der eingangs genannten Art dadurch ausgestaltet, dass die Steuereinrichtung derart ausgebildet ist, dass sie in Abhängigkeit von einem mittels der jeweiligen Aufbringeinrichtung auf das heiße Walzgut aufzubringenden jeweiligen Soll-Strom des Kühlmittels dynamisch einen jeweiligen Soll-Ansteuerzustand für die jeweilige Pumpe ermittelt und die jeweilige Pumpe entsprechend ansteuert, so dass der von der jeweiligen Pumpe geförderte jeweilige Ist-Strom dem jeweiligen Soll-Strom jederzeit so weit wie möglich angenähert wird.

[0034] Die vorteilhaften Ausgestaltungen der Kühlstrecke korrespondieren im wesentlichen mit denen des Betriebsverfahrens. Auch die hierdurch erzielten Vorteile korrespondieren mit den jeweils korrespondierenden Ausgestaltungen des Betriebsverfahrens.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0035] Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die in Verbindung mit den Zeichnungen näher erläutert werden. Hierbei zeigen in schematischer Darstellung:

- FIG 1 eine einer Walzstraße nachgeordnete Kühlstrecke,
- FIG 2 eine einer Walzstraße vorgeordnete Kühlstrecke
- FIG 3 eine innerhalb einer Walzstraße angeordnete Kühlstrecke,
- FIG 4 eine einzelne Aufbringeinrichtung,
- FIG 5 ein Zeitdiagramm,
- FIG 6 ein Diagramm,
- FIG 7 einen Abschnitt einer Versorgungsleitung mit einer Pumpe
- FIG 8 ein Diagramm,

- FIG 9 einen Abschnitt einer Versorgungsleitung mit einer Pumpe,
 FIG 10 die Funktionsweise einer Steuereinrichtung,
 FIG 11 Spritzbalken und Spritzdüsen und
 FIG 12 Spritzbalken und Spritzdüsen.

5

Beschreibung der Ausführungsformen

[0036] Gemäß FIG 1 soll ein heißes Walzgut 1 aus Metall in einer Kühlstrecke 2 gekühlt werden. Die Kühlstrecke 2 ist gemäß FIG 1 einer Walzstraße nachgeordnet. Dargestellt ist in FIG 1 nur ein Walzgerüst 3 der Walzstraße, nämlich das letzte Walzgerüst 3 der Walzstraße. In der Regel weist die Walzstraße jedoch mehrere Walzgerüste 3 auf, die von dem heißen Walzgut 1 sequenziell nacheinander durchlaufen werden. Im Falle der Ausgestaltung gemäß FIG 1 tritt das heiße Walzgut 1 unmittelbar nach dem Walzen im letzten Walzgerüst 3 der Walzstraße in die Kühlstrecke 2 ein. Ein zeitlicher Abstand zwischen dem Walzen im letzten Walzgerüst 3 der Walzstraße und dem Eintreten in die Kühlstrecke 2 liegt im Bereich weniger Sekunden.

[0037] Alternativ könnte die Kühlstrecke 2 entsprechend der Darstellung in FIG 2 der Walzstraße vorgeordnet sein. Dargestellt ist in FIG 2 ebenfalls nur ein einziges Walzgerüst 4 der Walzstraße, nämlich das erste Walzgerüst 4 der Walzstraße. Im Falle der Ausgestaltung gemäß FIG 2 wird das heiße Walzgut 1 unmittelbar nach dem Auslaufen aus der Kühlstrecke 2 im ersten Walzgerüst 4 der Walzstraße gewalzt. Ein zeitlicher Abstand zwischen dem Kühlen in der Kühlstrecke 2 und dem Walzen im ersten Walzgerüst 4 der Walzstraße liegt im Bereich weniger Minuten. Er kann aber auch nur wenige Sekunden betragen.

[0038] Alternativ könnte die Kühlstrecke 2 entsprechend der Darstellung in FIG 3 innerhalb der Walzstraße angeordnet sein. Dargestellt sind in FIG 3 zwei Walzgerüste 5 der Walzstraße. In diesem Fall erfolgt das Kühlen in der Kühlstrecke 2 zwischen dem Walzen in den beiden Walzgerüsten 5 der Walzstraße. Ein zeitlicher Abstand zwischen dem Kühlen in der Kühlstrecke 2 und dem Walzen in den beiden aufeinanderfolgenden Walzgerüsten 5 der Walzstraße liegt im Bereich weniger Sekunden. Gemäß der Darstellung in FIG 3 ist die Kühlstrecke 2 zwischen zwei aufeinander folgenden Walzgerüsten 5 der Walzstraße angeordnet. Sie könnte sich aber auch über einen größeren Bereich erstrecken, so dass die Kühlstrecke 2 durch mindestens ein in FIG 3 nicht dargestelltes weiteres Walzgerüst in eine entsprechende Anzahl von Abschnitten unterteilt wird.

[0039] Das Walzgut 1 besteht aus Metall. Beispielsweise kann das Walzgut 1 aus Stahl oder Aluminium bestehen. Auch andere Metalle sind möglich. Im Falle von Stahl liegt eine Temperatur des Walzguts 1 vor der Kühlstrecke 2 in der Regel zwischen 750 °C und 1.200 °C. In der Kühlstrecke 2 erfolgt eine Kühlung auf eine niedrigere Temperatur. Es ist im Einzelfall möglich, dass die niedrigere Temperatur nur geringfügig unterhalb der Temperatur vor der Kühlstrecke 2 liegt. Insbesondere in dem Fall, dass die Kühlstrecke 2 der Walzstraße nachgeordnet ist, wird das Walzgut 1 jedoch in der Regel auf eine deutlich niedrigere Temperatur gekühlt, beispielsweise auf eine Temperatur zwischen 200 °C und 700 °C.

[0040] Das heiße Walzgut 1 wird der Kühlstrecke 2 in einer horizontalen Transportrichtung x zugeführt. Innerhalb der Kühlstrecke 2 ändert das heiße Walzgut 1 seine Transportrichtung x nicht. Es wird also auch innerhalb der Kühlstrecke 2 horizontal transportiert. Nach dem Verlassen der Kühlstrecke 2 kann das Walzgut 1 seine Transportrichtung entweder beibehalten oder ändern. Falls das heiße Walzgut 1 ein Band ist, kann es beispielsweise schräg nach unten umgelenkt werden, um es einem Haspel zuzuführen. Falls das heiße Walzgut 1 ein Grobblech ist, behält es die Transportrichtung x meist bei. Ein für den Transport des heißen Walzguts 1 gegebenenfalls erforderlicher Rollgang ist in den FIG nicht mit dargestellt.

[0041] Die Kühlstrecke 2 weist eine Anzahl von Aufbringeinrichtungen 6 auf. Mittels der Aufbringeinrichtungen 6 wird ein Kühlmittel 7 auf das Walzgut 1 aufgebracht. Bei dem Kühlmittel 7 handelt es sich um Wasser. Gegebenenfalls können dem Wasser in geringem Umfang (maximal 1 Prozent bis 2 %) Zusätze beigelegt sein. In jedem Fall handelt es sich bei dem Kühlmittel 7 jedoch um ein flüssiges, auf Wasser basierendes Kühlmittel.

[0042] Minimal ist eine einzige Aufbringeinrichtung 6 vorhanden. In vielen Fällen sind jedoch mehrere Aufbringeinrichtungen 6 vorhanden. Beispielsweise können die Aufbringeinrichtungen entsprechend der Darstellung in FIG 1 hintereinander angeordnet sein. In diesem Fall bringen die Aufbringeinrichtungen 6 ihren jeweiligen Anteil an dem Kühlmittel 7 sequenziell nacheinander auf das Walzgut 1 auf. Der Begriff "sequenziell nacheinander" bezieht sich in diesem Zusammenhang auf einen bestimmten Abschnitt des Walzguts 1, da dieser sequenziell nacheinander Bereiche durchläuft, in denen die einzelnen Aufbringeinrichtungen ihren jeweiligen Anteil an dem Kühlmittel 7 jeweils auf den entsprechenden Abschnitt des Walzguts 1 aufbringen. Die Anzahl an Aufbringeinrichtungen 6 liegt oftmals im zweistelligen, manchmal sogar im oberen zweistelligen Bereich. Eine sequenzielle Anordnung hintereinander ist in der Regel insbesondere dann realisiert, wenn die Kühlstrecke 2 der Walzstraße nachgeordnet ist. Sie kann aber auch bei anderen Fallgestaltungen gegeben sein.

[0043] Die Aufbringeinrichtungen 6 sind über eine jeweilige Versorgungsleitung 8 mit einem Reservoir 9 des Kühlmittels 7 verbunden. Das Reservoir 9 ist im vorliegenden Fall einheitlich für alle Aufbringeinrichtungen 6. Es könnten aber auch

mehrere voneinander unabhängige Reservoirs 9 vorhanden sein. In jeder Versorgungsleitung 8 ist eine jeweilige Pumpe 10 angeordnet. Die Pumpen 10 können prinzipiell an beliebigen Stellen innerhalb der Versorgungsleitungen 8 angeordnet sein. In der Praxis ist es jedoch von Vorteil, wenn die Pumpen 10 möglichst nahe am Reservoir 9 angeordnet sind.

[0044] Nachfolgend wird - stellvertretend für alle Aufbringeinrichtungen 6 - in Verbindung mit FIG 4 der Betrieb einer der Aufbringeinrichtungen 6 näher erläutert. Die anderen Aufbringeinrichtungen 6 werden auf prinzipiell gleiche Art und Weise betrieben. Für jede Aufbringeinrichtung 6 kann die jeweilige Betriebsweise jedoch individuell bestimmt werden. Es ist also zwar möglich, aber nicht erforderlich, die Aufbringeinrichtungen 6 gleichartig zu betreiben.

[0045] Der Aufbringeinrichtung 6 wird über die Versorgungsleitung 8 und die Pumpe 10 aus dem Reservoir 9 ein Ist-Strom F des Kühlmittels 7 zugeführt. Der Ist-Strom F wird mittels der jeweiligen Aufbringeinrichtung 6 auf das heiße Walzgut 1 aufgebracht. Ein Abstand der Aufbringeinrichtung 6 - beispielsweise von Spritzdüsen - vom Walzgut 1 liegt in der Regel zwischen 20 cm und 200 cm.

[0046] Einer Steuereinrichtung 11 der Kühlstrecke 2 ist ein korrespondierender Soll-Strom F^* bekannt, der mittels der Aufbringeinrichtung 6 auf das heiße Walzgut 1 aufgebracht werden soll. Der Soll-Strom F^* ist in der Regel zeitlich nicht konstant, sondern variabel, also eine Funktion der Zeit t . Die Steuereinrichtung 11 ermittelt in Abhängigkeit von dem Soll-Strom F^* des Kühlmittels 7 dynamisch einen Soll-Ansteuerzustand S^* für die Pumpe 10. Sie steuert die Pumpe 10 entsprechend an. Die Pumpe 10 beaufschlagt dadurch das Kühlmittel 7 ausgangsseitig der Pumpe 10 mit einem ausgangsseitigen Druck p_A . Der ausgangsseitige Druck p_A variiert entsprechend dem Soll-Ansteuerzustand S^* . Er liegt aber in jedem Betriebszustand unter 10 bar. Meist liegt er sogar bei maximal 6 bar. In jedem Betriebszustand wird jedoch der von der Pumpe 10 geförderte Ist-Strom F dem Soll-Strom F^* jederzeit so weit wie möglich angenähert.

[0047] Der Soll-Ansteuerzustand S^* ist auch ohne weiteres ermittelbar. Dies soll nachstehend anhand eines einfachen Beispiels erläutert werden.

[0048] Man nehme an, die Pumpe 10 sei in unmittelbarer Nähe des Reservoirs 9 angeordnet. Die Versorgungsleitung 8 weise eine Länge l und einen Querschnitt A auf. Mit p_E wird nachfolgend der Druck eingangsseitig der Pumpe 10 bezeichnet. Mit p_0 sei der Druck in der Aufbringeinrichtung 6 bezeichnet.

[0049] Dann gilt zunächst die Beziehung

$$F = FN \cdot \sqrt{\frac{p_0}{p_N}} \quad (1)$$

[0050] FN ist ein Nennstrom, der aus der Aufbringeinrichtung 6 ausströmt, wenn das Kühlmittel 7 in der Aufbringeinrichtung einen Nenndruck p_N aufweist. Der Nennstrom FN und der Nenndruck p_N sind durch die Bauart der Aufbringeinrichtung 6 festgelegt und bestimmt. Sie können beispielsweise durch einmalige Messung des Flusses bestimmt werden, der sich bei einem - prinzipiell beliebig festgelegten - Druck ergibt.

[0051] Weiterhin gilt für den Ist-Strom F die Beziehung

$$\dot{F} = \frac{A}{\rho \cdot l} (p_A - p_0 - l \cdot r \cdot F^2) \quad (2)$$

mit ρ = Dichte des Kühlmittels 7 und r = Widerstandsbeiwert für den Strömungswiderstand des Kühlmittels 7 in der Versorgungsleitung 8.

[0052] Wenn man nun Gleichung (1) nach dem Druck p_0 auflöst und in Gleichung (2) einsetzt, ergibt sich die nachstehende Gleichung (3):

$$\dot{F} = \frac{A}{\rho \cdot l} \cdot \left(p_A - \frac{p_N}{FN^2} \cdot F^2 - l \cdot r \cdot F^2 \right) \quad (3)$$

[0053] Gleichung (3) wird nunmehr nach p_A aufgelöst:

$$p_A = \left(\frac{p_N}{FN^2} + l \cdot r \right) \cdot F^2 + \frac{\rho l}{A} \cdot \dot{F} \quad (4)$$

[0054] Der Ist-Strom F ist ohne weiteres gegeben. Beispielsweise kann er gemessen werden. Die gewünschte zeitliche Ableitung des Ist-Stromes F ergibt sich direkt aus der Differenz des Soll-Stromes F^* und des Ist-Stromes F . Gegebenenfalls kann die zeitliche Ableitung des Ist-Stromes F begrenzt werden, um den ausgangsseitigen Druck p_A innerhalb zulässiger Grenzen zu halten.

[0055] Somit ist der erforderliche ausgangsseitige Druck p_A ohne weiteres ermittelbar. Mit dem gewünschten ausgangsseitigen Druck p_A und dem eingangsseitigen Druck p_E kann jedoch gemäß der in der Regel ohne weiteres bekannten Kennlinie f der Pumpe 10 die zugehörige Drehzahl n ermittelt werden:

$$n = f(p_A - p_E, F) \quad (5)$$

[0056] Weiterhin kann der Ist-Strom F , sofern er nicht messtechnisch erfasst wird, ohne weiteres anhand der Beziehung

$$F = \int_0^t \dot{F}(t) dt \quad (6)$$

ermittelt werden.

[0057] Weiterhin steht der Steuereinrichtung 11 - entweder durch messtechnische Erfassung oder durch rechnerische Ermittlung gemäß Gleichung (6) - jederzeit der Ist-Strom F zur Verfügung. Dies ist erforderlich, um einen thermodynamischen Energiezustand H des Walzguts 1 rechnerisch fortschreiben zu können. Hierauf wird später noch näher eingegangen werden. Als Totzeit der Aufbringeinrichtung 6 tritt lediglich noch die in der Regel sehr kleine Zeit auf, die das Kühlmittel 7 benötigt, um - gerechnet ab dem Austreten aus der Aufbringeinrichtung 6 - auf das Walzgut 1 aufzutreffen.

[0058] Es kann nach Bedarf eine Steuerung oder eine Regelung erfolgen. Im Falle einer Regelung wird eingangsseitig oder ausgangsseitig der Pumpe 10 der Ist-Strom F erfasst und der Steuereinrichtung 11 zugeführt. Wenn keine derartige Erfassung erfolgt, erfolgt eine Steuerung des Ist-Stroms F .

[0059] Um die Pumpe 10 entsprechend ansteuern zu können, muss die Pumpe 10 - genauer: deren Antrieb 12 - mit variabler Drehzahl betrieben werden können. Beispielsweise kann der Antrieb 12 der Pumpe 10 zu diesem Zweck umrichter gesteuert sein. Derartige Steuerungen sind Fachleuten allgemein bekannt und müssen daher nicht näher erläutert werden. Die Pumpe 10 ist vorzugsweise in einem Regelbereich zwischen 0 und einer Maximaldrehzahl betreibbar. Eine Abdichtung der Pumpe 10 sollte auch für niedrige Drehzahlen ausgelegt sein. Dies ist jedoch ohne weiteres möglich. Entsprechende Pumpen 10 sind Fachleuten bekannt.

[0060] Zum Anpassen des Ist-Stroms F an den Soll-Strom F^* wird also die Pumpe 10 entsprechend dynamisch angesteuert und dadurch der Ist-Strom F dem Soll-Strom F^* so weit wie möglich angenähert. Hingegen wird - im Gegensatz zum Stand der Technik - kein in der Versorgungsleitung 8 angeordnetes Ventil angesteuert. Ein derartiges Ventil - sollte es vorhanden sein - bleibt vielmehr permanent vollständig geöffnet.

[0061] Im Rahmen des erfindungsgemäßen Betriebsverfahrens ist es also möglich, dass zwischen der Pumpe 10 und der Aufbringeinrichtung 6 keine Absperreinrichtung angeordnet ist. Alternativ ist es entsprechend der Darstellung in FIG 4 möglich, dass zwischen der Pumpe 10 und der Aufbringeinrichtung 6 eine derartige Absperreinrichtung 13 angeordnet ist. Die Absperreinrichtung 13 ist in FIG 4 nur gestrichelt eingezeichnet, weil sie zwar vorhanden sein kann, aber nicht vorhanden sein muss. Wenn die Absperreinrichtung 13 vorhanden ist, kann die Absperreinrichtung 13 auf zwei verschiedene Arten trieben werden.

[0062] Zum einen ist es möglich, dass die Absperreinrichtung 13 während des Transports des Walzguts 1 durch die Kühlstrecke 2 permanent vollständig geöffnet gehalten wird. Dies ist in FIG 5 dadurch verdeutlicht, dass das Walzgut 1 zu einem Zeitpunkt t_1 in die Kühlstrecke 2 einläuft. Bereits vor dem Zeitpunkt t_1 wird jedoch zu einem Zeitpunkt t_2 die Absperreinrichtung 13 geöffnet. In analoger Weise läuft das Walzgut 1 zu einem Zeitpunkt t_3 aus der Kühlstrecke 2 aus. Erst nach dem Zeitpunkt t_3 wird die Absperreinrichtung 13 zu einem Zeitpunkt t_4 wieder geschlossen. Zwischen den Zeitpunkten t_2 und t_4 bleibt die Absperreinrichtung 13 permanent vollständig geöffnet.

[0063] Zum anderen ist es möglich, dass die Absperreinrichtung 13 ausschließlich dann betätigt wird, wenn eine Drehzahl der Pumpe 10 unterhalb einer Minimaldrehzahl n_{min} liegt. Dies wird nachstehend in Verbindung mit FIG 6 näher erläutert. Gemäß FIG 6 kann die Drehzahl der Pumpe 10 zwischen 0 und einer Nenndrehzahl n_{max} variieren. Wenn und solange die Drehzahl n unterhalb einer Minimaldrehzahl n_{min} bleibt, kann die Absperreinrichtung 13 betätigt werden. Dies gilt sowohl für ein Öffnen als auch für ein Schließen der Absperreinrichtung 13. Wenn und sobald die Drehzahl n jedoch die Minimaldrehzahl n_{min} erreicht oder überschreitet, bleibt die Absperreinrichtung 13 geöffnet. Insbesondere muss in diesem Fall daher zunächst bei einer sehr kleinen Drehzahl n die Absperreinrichtung 13 geöffnet werden. Danach erfolgt der Betrieb der Aufbringeinrichtung 6, während dessen zum Einstellen des Ist-Stromes F aus-

schließlich die Pumpe 10 entsprechend angesteuert wird. Erst wenn die Drehzahl n die Minimaldrehzahl n_{\min} wieder unterschreitet, kann und darf die Absperreinrichtung 13 wieder betätigt werden.

[0064] Je nach Art der Pumpe 10 muss die Pumpe 10, wenn sie betrieben wird, stets einen Mindeststrom fördern. Der Mindeststrom kann größer als der Soll-Strom F^* sein. Um auch diesen Fall mit abdecken zu können, ist es entsprechend der Darstellung in FIG 7 möglich, der Pumpe 10 eine Rückleitung 14 parallel zu ordnen. Die Rückleitung 14 weist jedoch einen kleineren Querschnitt als die Versorgungsleitung 8 auf. Denn insbesondere muss die Rückleitung 14 lediglich dafür ausgelegt sein, den Mindeststrom fördern zu können. Die Versorgungsleitung 8 muss hingegen dafür ausgelegt sein, den Maximalstrom F_{\max} fördern zu können. Durch die Ausgestaltung gemäß FIG 7 wird ermöglicht, als Pumpe 10 eine Pumpe zu verwenden, bei der konstruktionsbedingt immer ein gewisser Mindeststrom an Kühlmittel 7 aufrechterhalten werden muss. Der Mindeststrom ist aber erheblich kleiner als der maximal mögliche Strom an Kühlmittel 7. Wenn im Fall der Ausgestaltung gemäß FIG 7 auf das Walzgut 1 eine Menge an Kühlmittel 7 aufgebracht werden soll, die kleiner als der Mindeststrom ist, ist es lediglich erforderlich, ein in der Rückleitung 14 angeordnetes Ventil 15 entsprechend zu öffnen (Bypass-Betrieb). Weiterhin muss in diesem Fall die Absperreinrichtung 13 vorhanden sein. Die Absperreinrichtung 13 und das Ventil 15 müssen in diesem Fall als Regelventile ausgebildet sein. Auch in diesem Fall wird die Absperreinrichtung 13 jedoch nur dann (vollständig oder teilweise) geschlossen, wenn der Ist-Strom F unter dem Minimalstrom F_{\min} liegt. Die Situation, dass der Soll-Strom F^* Werte unterhalb des Mindeststroms annimmt, tritt in der Praxis nur sehr selten auf. Im Regelfall - wenn also der Ist-Strom F oberhalb des Minimalstroms F_{\min} liegt - kann die Absperreinrichtung 13 also vollständig geöffnet und das Bypassventil 15 vollständig geschlossen bleiben.

[0065] Gemäß FIG 8 kann der Soll-Strom F^* variieren. Bei größeren Werten liegt eine Drehzahl n der Pumpe 10 bei nennenswerten Werten, so dass die Pumpe 10 das Kühlmittel 7 aktiv fördert (pumpt). Die Pumpe 10 verbraucht dadurch Energie E . Wenn der Soll-Strom F^* jedoch kleiner wird, kann es geschehen, dass die Pumpe 10 zwar weiterhin in der gleichen Drehrichtung rotiert wie bei größeren Werten, die Pumpe 10 jedoch generatorisch betrieben wird. Sie gibt also Energie E ab. Beispielsweise kann die Energie E über den Antrieb 12 der Pumpe 10 in ein Versorgungsnetz zurück gespeist werden. Es ist sogar möglich, dass die Pumpe 10 mit invertierten Drehrichtung betrieben wird ("Drehzahl $n < 0$ "). In diesem Fall verbraucht die Pumpe 10 weiterhin Energie, da sie aktiv versucht, Kühlmittel 7 zurückzufördern.

[0066] Wenn die Pumpe 10 in manchen Betriebszuständen mit invertierten Drehrichtung betrieben wird, ist vorzugsweise entsprechend der Darstellung in FIG 9 zwischen der Pumpe 10 und der Aufbringeinrichtung 6 ein Rückschlagventil 16 oder eine Rückschlagklappe angeordnet. Das Rückschlagventil 16 bzw. die Rückschlagklappe können rein passiv arbeiten. Das Rückschlagventil 16 bzw. die Rückschlagklappe können beispielsweise mit einer leichten Federkraft beaufschlagt sein, so dass sie zwar auf die geschlossene Stellung zu vorbelastet sind, aber bereits bei einem sehr kleinen Druck öffnen. Das Rückschlagventil 16 bzw. die Rückschlagklappe müssen von der Steuereinrichtung 11 nicht aktiv angesteuert werden. Das Rückschlagventil 16 bzw. die Rückschlagklappe verhindern insbesondere, dass die Versorgungsleitung 8 zwischen der Pumpe 10 und der Aufbringeinrichtung 6 bei invertierter Drehrichtung leer läuft. In diesem Fall kann nach einem etwaigen Schließen der Absperreinrichtung 13 die Pumpe 10 abgeschaltet werden, sobald die Absperreinrichtung 13 geschlossen ist, also weiteren Fluss des Kühlmittels 7 blockiert. Da die Absperreinrichtung 13 den Fluss des Kühlmittels 7 aber nicht abbremsen muss, sondern lediglich dann schließt, wenn der Fluss des Kühlmittels 7 bereits gestoppt oder zumindest im wesentlichen gestoppt ist, genügt eine vergleichsweise einfache Ausführungsform der Absperreinrichtung 13. Weiterhin kann die Absperreinrichtung 13 eine geringe Dynamik aufweisen, da dynamische Einstellungen durch die Pumpe 10 erfolgen. Weiterhin ist ein derartiges Rückschlagventil 16 oder eine derartige Rückschlagklappe auch dann erforderlich, wenn über die Pumpe 10 eine oberhalb des Walzguts 1 angeordnete Aufbringeinrichtung 6 gespeist wird. Denn anderenfalls würde das Kühlmittel 7 bei Drehzahl 0 rückwärts durch die Pumpe 10 in das Reservoir 9 zurückfließen. Dadurch könnte sich ein Pufferbereich der Aufbringeinrichtung 6 leeren. Der Pufferbereich müsste dann erst wieder gefüllt werden, wenn die Pumpe 10 wieder eingeschaltet wird. Dies würde die effektive Reaktionszeit der Aufbringeinrichtung 6 erhöhen, was - selbstverständlich - nicht erwünscht ist.

[0067] Wenn das Kühlmittel 7 eingangsseitig der Pumpe 10 drucklos zur Verfügung gestellt wird, kann die Pumpe 10 übliche Schaufelräder aufweisen. Hat das Kühlmittel 7 hingegen einen Vordruck, beispielsweise 1 bar, kann die Pumpe 10 derart ausgelegt sein, dass im Stillstand der Pumpe 10 das Kühlmittel 7 nicht einfach durchfließen kann. Die Pumpe 10 muss in diesem Fall derart ausgelegt sein, dass sie bei Stillstand zumindest weitgehend abdichtet. Alternativ kann die Pumpe 10 derart ausgelegt sein, dass sie auch rückwärts betreibbar ist. Insbesondere im letztgenannten Fall ist nach dem Reduzieren des Ist-Stromes F auf 0 das Betätigen der Absperreinrichtung 13 sinnvoll. Insbesondere in Fällen, in denen das Kühlmittel 7 einen Vordruck aufweist, sind die obenstehend in Verbindung mit FIG 9 erläuterten Betriebsweisen sinnvoll.

[0068] Es ist, wie bereits erwähnt, möglich, dass eine reine Steuerung der Pumpe 10 erfolgt. Vorzugsweise wird jedoch entsprechend der Darstellung in FIG 4 vor der Pumpe 10 der eingangsseitige Druck p_E des flüssigen Kühlmittels 7 erfasst und der Steuereinrichtung 11 zugeführt. In diesem Fall berücksichtigt die Steuereinrichtung 11 den erfassten eingangsseitigen Druck p_E bei der Ermittlung des Soll-Ansteuerzustands der Pumpe 10. Gleichwertig mit einer Druckfassung ist in vielen Fällen eine Erfassung des Wasserniveaus im Reservoir 9. Gegebenenfalls ist es, wie ebenfalls in FIG 4 dargestellt, weiterhin möglich, zusätzlich auch hinter der Pumpe 10 den ausgangsseitigen Druck p_A zu erfassen

und der Steuereinrichtung 11 zuzuführen. In diesem Fall berücksichtigt die Steuereinrichtung 11 zusätzlich auch den erfassten ausgangsseitigen Druck p_A bei der Ermittlung des Soll-Ansteuerzustands der Pumpe 10.

[0069] Es ist möglich, dass der Soll-Strom F^* der Steuereinrichtung 11 direkt und unmittelbar vorgegeben wird. Vorzugsweise ist der Steuereinrichtung 11 jedoch der thermodynamische Energiezustand H des Walzguts 1 unmittelbar vor Erreichen der Aufbringeinrichtung 6 bekannt. Bei dem thermodynamischen Energiezustand H kann es sich insbesondere um die Enthalpie oder die Temperatur eines jeweiligen Abschnitts des Walzguts 1 handeln. In diesem Fall ermittelt die Steuereinrichtung 11 entsprechend der Darstellung in FIG 10 zunächst in Abhängigkeit von dem thermodynamischen Energiezustand H den Soll-Strom F^* und sodann anhand des Soll-Stroms F^* den zugehörigen Soll-Ansteuerzustand S^* . Insbesondere ist es möglich, dass der Steuereinrichtung 11 ein örtlicher oder zeitlicher Soll-Verlauf des thermodynamischen Energiezustands H vorgegeben wird, der nach Möglichkeit eingehalten werden soll. Die Steuereinrichtung 11 kann daher ermitteln, welcher thermodynamische Energiezustand H unmittelbar hinter der Aufbringeinrichtung 6 vorliegen soll. Durch Vergleich mit dem tatsächlichen thermodynamischen Energiezustand H unmittelbar vor der Aufbringeinrichtung 6 kann die Steuereinrichtung 11 daher ermitteln, welche Menge an Kühlmittel 7 auf den entsprechenden Abschnitt des Walzguts 1 aufgebracht werden muss, damit der tatsächliche thermodynamische Energiezustand H unmittelbar hinter der Aufbringeinrichtung 6 dem gewünschten Sollzustand möglichst gut entspricht. Die erforderliche Menge an Kühlmittel 7 definiert dann in Verbindung mit der Zeit, welche der entsprechende Abschnitt des Walzguts 1 zum Durchlaufen der Aufbringeinrichtung 6 benötigt, den Soll-Strom F^* .

[0070] Die gesamten, obenstehend in Verbindung mit einer der Aufbringeinrichtungen 6 und deren zugehörigen Komponenten erläuterten Vorgehensweisen können in völlig analoger Art und Weise auch für die anderen Aufbringeinrichtungen 6 ausgeführt werden. Die genannte Vorgehensweise wird weiterhin, wie bereits erwähnt, jeweils für einen Abschnitt des Walzguts 1 durchgeführt.

[0071] Der thermodynamische Energiezustand H des entsprechenden Abschnitts des Walzguts 1 variiert von Aufbringeinrichtung 6 zu Aufbringeinrichtung 6. Insbesondere wird er durch jede der Aufbringeinrichtungen 6 geändert. Für die Aufbringeinrichtung 6, welche ihren Anteil an Kühlmittel 7 zuerst auf das Walzgut 1 aufbringt, kann der thermodynamische Energiezustand H der Steuereinrichtung 11 als solcher vorgegeben sein. Beispielsweise kann entsprechend der Darstellung in FIG 1 eingangsseitig der Kühlstrecke 2 ein Temperaturmessplatz 17 angeordnet sein, mittels dessen für die einzelnen Abschnitte des Walzguts 1 jeweils die Temperatur T erfasst wird. Die erfasste Temperatur T wird dann dem jeweiligen Abschnitt zugeordnet.

[0072] Für jeden Abschnitt wird während seines Durchlaufs durch die Kühlstrecke 2 eine Wegverfolgung implementiert. Für jede weitere Aufbringeinrichtung 6, die ihren Anteil an Kühlmittel 7 später aufbringt, muss jedoch der entsprechende thermodynamische Energiezustand H des Walzguts 1 (bzw. des entsprechenden Abschnitts des Walzguts 1) fortgeschrieben werden. Hierbei berücksichtigt die Steuereinrichtung 11 insbesondere den thermodynamischen Energiezustand H unmittelbar vor der unmittelbar vorhergehenden Aufbringeinrichtung 6 und die Menge an Kühlmittel 7, welche die unmittelbar vorhergehende Aufbringeinrichtung 6 auf das Walzgut 1 aufbringt. Bezüglich der Menge an Kühlmittel 7 kann die Steuereinrichtung 11 alternativ den Soll-Strom F^* oder den Ist-Strom F der unmittelbar vorhergehenden Aufbringeinrichtung 6 berücksichtigen. Sie ermittelt also sequenziell nacheinander für die Aufbringeinrichtungen 6 jeweils den thermodynamischen Energiezustand H des Walzguts 1. Soweit erforderlich, kann die Steuereinrichtung 11 in diesem Zusammenhang eine Wärmeleitungsgleichung und eine Phasenumwandlungsgleichung ansetzen und iterativ lösen.

[0073] In vielen Fällen ist das Walzgut 1 ein flaches Walzgut, beispielsweise ein Band oder ein Grobblech. In diesem Fall ist es möglich, dass das flüssige Kühlmittel mittels jeder einzelnen Aufbringeinrichtung von beiden Seiten auf das Walzgut 1 aufgebracht wird. Diese Vorgehensweise wird oftmals bei einer Kühlstrecke 2 ergriffen, die der Walzstraße vorgeordnet oder in der Walzstraße angeordnet ist. Sie kann aber auch ergriffen werden, wenn die Kühlstrecke 2 der Walzstraße nachgeordnet ist. Insbesondere wenn die Kühlstrecke 2 der Walzstraße nachgeordnet ist, wird das flüssige Kühlmittel 7 jedoch in der Regel mittels jeder einzelnen Aufbringeinrichtung nur von einer Seite auf das Walzgut 1 aufgebracht, insbesondere von oben oder von unten. Selbstverständlich ist es auch in diesem Fall möglich, auf beide Seiten des flachen Walzguts Kühlmittel 7 aufzubringen. In diesem Fall erfolgt dies jedoch durch voneinander verschiedene Aufbringeinrichtungen 6, denen jeweils eine eigene Pumpe 10 zugeordnet ist, wobei die Pumpe 10 unabhängig von den Pumpen 10 der anderen Aufbringeinrichtungen 6 angesteuert wird.

[0074] Im Extremfall ist es möglich, dass die Aufbringeinrichtungen 6 jeweils nur eine einzige Spritzdüse 18 aufweisen. In der Regel weisen die Aufbringeinrichtungen 6 jedoch jeweils mehrere Spritzdüsen 18 auf. Die Spritzdüsen 18 können entsprechend der Darstellung in FIG 11 in Transportrichtung x des Walzguts 1 gesehen hintereinander angeordnet sein. Die Spritzdüsen 18 können beispielsweise innerhalb eines einzelnen Spritzbalkens 19 hintereinander angeordnet sein. Es können auch mehrere in Transportrichtung x hintereinander angeordnete Spritzbalken 19 zu einer (1) Aufbringeinrichtung 6 zusammengefasst sein. Dies gilt unabhängig davon, ob der jeweilige Spritzbalken 19 als solcher mehrere hintereinander angeordnete Spritzdüsen 18 aufweist oder nicht. Entscheidend ist in jedem Fall, dass jede Aufbringeinrichtung 6 jeweils über ihre eigene Versorgungsleitung 8 ihre eigene Pumpe 10 individuell mit Kühlmittel 7 versorgt wird, wobei die Pumpe 10 zur Einstellung des jeweiligen Ist-Stroms F individuell angesteuert wird.

[0075] Die Aufbringeinrichtungen 6 können entsprechend der Darstellung in FIG 12 weiterhin oftmals mehrere Spritz-

düsen 18 aufweisen, die quer zur Transportrichtung x des Walzguts 1 gesehen nebeneinander angeordnet sind. Eine derartige Ausgestaltung kann insbesondere bei einem flachen Walzgut 1 sinnvoll sein, also bei einem Band oder einem Grobblech. Die Aufbringeinrichtungen 6 können sich in diesem Fall über die volle Breite des Walzguts 1 erstrecken. Alternativ ist es möglich, dass die Aufbringeinrichtungen 6 sich nur über einen Teil der Breite erstrecken. Dies ist rein beispielhaft im linken Teil von FIG 12 für einen Spritzbalken 19 dargestellt, der - rein beispielhaft - in seiner Breite in drei Aufbringeinrichtungen 6 aufgeteilt ist. In diesem Fall sind also nebeneinander mehrere Aufbringeinrichtungen 6 angeordnet, die über jeweils eine eigene Versorgungsleitung 8 und eine eigene Pumpe 10 mit Kühlmittel 7 versorgt werden, wobei die Pumpen 10 unabhängig voneinander angesteuert werden.

[0076] Die vorliegende Erfindung weist viele Vorteile auf, von denen nachstehend einige aufgeführt sind.

[0077] Da die Zufuhr an Kühlmittel 7 nicht gesperrt wird, gibt es keine Druckschläge, wenn die Menge an Kühlmittel 7 abrupt reduziert wird. Ein Abschalten ist im Bereich von wenigen Zehntelsekunden (oftmals unter 0,2 s, manchmal sogar unter 0,1 s) möglich. Gleiches gilt bei einem Hochfahren der geförderten Menge an Kühlmittel 7. Entsprechend schnell lässt sich auch der Ist-Fluss F der jeweiligen Aufbringeinrichtung 6 einstellen. Die Antriebe 12 für die Pumpen 10 können sehr genau gesteuert werden. Eine übliche Genauigkeit der Drehzahl n liegt im Bereich von 0,1 %. Mit der gleichen oder einer ähnlichen Genauigkeit lässt sich auch der Ist-Strom F für die jeweilige Aufbringeinrichtung 6 einstellen. Unter Berücksichtigung des Ansprechverhaltens der Antriebe 12 dürfte aller Wahrscheinlichkeit nach ein Nachführen des Ist-Flusses F mit 1 % Genauigkeit in weniger als 0,5 s erreicht werden können, möglicherweise sogar in 0,2 s bis 0,3 s.

[0078] Wird das Kühlmittel 7 den Pumpen 10 eingangsseitig drucklos zur Verfügung gestellt, lassen sich besonders schnelle Regelzeiten erreichen. Hierzu ein Zahlenbeispiel: Man nehme an, die Entfernung des Reservoirs 9 von einer der Aufbringeinrichtungen 6 und damit die Länge der zugehörigen Versorgungsleitung 8 liege bei einer durchaus üblichen Länge von 10 m. Strömungsgeschwindigkeiten in der Versorgungsleitung 8 bei maximalem Durchfluss liegen normalerweise bei ca. 3 m/s. Wird eine derartige Flüssigkeitsmenge mit 2 bar Druck beschleunigt, ergibt sich eine Beschleunigung von 20 m/s². Mit einer derartigen Beschleunigung kann man die Flüssigkeitsmenge mit einer Zeitkonstante von 150 ms von 0 auf maximalen Durchfluss beschleunigen. Reduziert man die Druckerhöhung durch die Pumpe 10 schlagartig auf 0, baut sich die Flüssigkeitsmenge mit einer Zeitkonstante von 150 ms wieder auf Null ab, da die Aufbringeinrichtung 6 dem Durchfluss anfangs 2 bar Gegendruck entgegensetzt. Auf diese Weise ergeben sich extrem schnelle Einstellzeiten, wie sie im Stand der Technik auch nicht annähernd erreichbar sind. Noch schneller ist die Regelung, wenn die Pumpe 10 nicht nur die Druckerhöhung auf Null reduziert, sondern die Flüssigkeitsmenge sogar aktiv bremst.

[0079] Wenn das Kühlmittel 7 den Pumpen 10 - mit oder ohne Vordruck - eingangsseitig über eine gemeinsame Rohrleitung zugeführt wird, sind die Pumpen 10 eingangsseitig gekoppelt. In diesem Fall muss auch die Beschleunigung der effektiven Flüssigkeitssäule in dieser gemeinsamen Rohrleitung berücksichtigt werden. Dies kann insbesondere dann Auswirkungen haben, wenn viele der Pumpen 10 gleichzeitig hochgefahren oder gleichzeitig heruntergefahren werden sollen. In der Praxis kommt dieser Zustand jedoch nur selten vor, so dass die hierbei auftretende Problematik tolerierbar ist. Darüber hinaus kann das Problem durch eine geeignete vorausschauende Ansteuerung der Pumpen 10 vermieden werden.

[0080] Die erfindungsgemäße Kühlstrecke 2 ist mit einem niedrigen Energieverbrauch betreibbar. Beispielsweise können einige der Aufbringeinrichtungen 6 als übliche unterseitige Intensivkühlbalken mit einer Spritzhöhe von 20 m ausgebildet sein, die das Kühlmittel 7 von unten auf das Walzgut 1 aufbringen. In diesem Fall kann man die entsprechende Aufbringeinrichtung 6 bei einer angenommenen Menge an Kühlmittel 7 von 360 m³/h mit einer Pumpe 10 mit einer Nennleistung von 25 kW betreiben. Denn 360 m³/h entsprechen 0,1 m³/s. 20 m Spritzhöhe entsprechen einem Betriebsdruck von 2 bar, also 200 kPa. Die mechanische Leistung zum Fördern eines derartigen Ist-Flusses F ergibt sich somit zu 0,1 m³/s x 200 kPa = 20 kW. Selbst bei einem Wirkungsgrad von nur 80 % sind somit 25 kW Pumpenleistung völlig ausreichend. Bei einer Intensivkühlung des Standes der Technik wird hingegen mit rund dem doppelten Druck gearbeitet. Ähnliche Zahlen ergeben sich für eine oberseitige Intensivkühlung.

[0081] Die Energieeinsparung wird noch sehr viel größer, wenn die jeweilige Aufbringeinrichtung 6 mit einer geringeren Wassermenge betrieben wird. Denn bei einer herkömmlichen Intensivkühlung wird die Reduktion der Wassermenge durch Schließen eines Ventils erreicht. Der Druck (4 bar) wird aufrechterhalten, die Pumpe 10 läuft oftmals mit der vollen Fördermenge weiter. Bei der erfindungsgemäßen Kühlstrecke 2 hingegen reduziert man einfach die Drehzahl n der Pumpe 10. Hierbei tritt bei der halben Wassermenge nur noch eine Spritzhöhe von 5 m auf. Es muss also nur noch die halbe Menge mit einem Viertel der Spritzhöhe gefördert werden. Damit wird nur noch 1/8 der vollen Leistung benötigt, also etwas über 3 kW. Bei der Intensivkühlung des Standes der Technik müssen hingegen noch rund 25 kW aufgewendet werden.

[0082] Der Verschleiß an Pumpen 10 und Antrieben 12 ist gering. Typische Standzeiten für Pumpenlager sind 100.000 Stunden und mehr. Damit können die Pumpen 10 über 11 Jahre lang durchgehend betrieben werden, ohne dass eine Wartung erforderlich ist. Die erfindungsgemäße Kühlstrecke 2 ist also sehr ausfallsicher und benötigt bezüglich der Pumpen 10 und der Antriebe 12 nahezu keine Wartung.

[0083] Ein weiterer Vorteil, der sich ergibt, besteht in einem sehr flexiblen Betrieb der Kühlstrecke 2. Insbesondere können ein und dieselben Aufbringeinrichtungen 6 verwendet werden und nach Bedarf als Intensivkühlung oder als

Laminarkühlung betrieben werden. Der nutzbare Regelbereich liegt meist zwischen 5 % und 100 % der maximal förderbaren Kühlmittelmenge.

[0084] Die Ausstattung der Kühlstrecke 2 mit der erforderlichen Anzahl von Pumpen 10 und zugehörigen Antrieben 12 einschließlich der ebenfalls zugehörigen Antriebsregelungen erfordert zwar eine gewisse Investition. Diese einmalige Investition kompensiert sich jedoch relativ schnell durch die geringeren Betriebskosten und die erhöhte Anlagenverfügbarkeit. Darüber hinaus relativieren sich die Kosten, wenn man berücksichtigt, dass auch für eine konventionelle Kühlstrecke bei Verwendung von hochwertigen Kugelventilen erhebliche Kosten anfallen. Hierzu eine Abschätzung: Bei einer Kühlstrecke mit 100 oberen Spritzbalken 19 und 100 unteren Spritzbalken 19, die jeweils individuell mit einem jeweiligen Kugelventil geregelt werden, fallen für die Kugelventile Kosten in Höhe von ca. 700.000 € an. Für den gleichen Betrag könnte man auch eine erfindungsgemäße Kühlstrecke 2 bauen, bei der 100 obere Spritzbalken über 50 Pumpen 10 versorgt werden und 100 untere Spritzbalken über 50 untere Pumpen versorgt werden. Trotz der geringeren Anzahl an individuell ansteuerbaren Spritzbalken 19 ergibt sich dennoch eine überlegene Kühlung, weil die Spritzbalken 19 mit erheblich höherer Dynamik angesteuert werden können.

[0085] Bei einer Intensivkühlung bewegen sich die Kosten für die erfindungsgemäße Kühlstrecke 2 in derselben Größenordnung wie die Kosten für eine konventionelle Intensivkühlung. Bei beispielsweise je 16 oberen und unteren Spritzbalken 19 sind insgesamt 32 relativ kleine Pumpen 10 und die zugehörigen Antriebe 12 zu je 25 kW mit einer elektrischen Gesamtleistung von 800 kW erforderlich. Demgegenüber steht eine Investition bei einer konventionellen Kühlstrecke in 32 Kugelventile, 32 pneumatische Stellmotoren, 5 Boosterpumpen zu je 400 kW (eine Pumpe ist Reserve) und 5 entsprechend groß dimensionierte Frequenzumrichter.

[0086] Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Varianten können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

Bezugszeichenliste

[0087]

1	Walzgut
2	Kühlstrecke
3 bis 5	Walzgerüste
6	Aufbringeinrichtungen
7	Kühlmittel
8	Versorgungsleitungen
9	Reservoir
10	Pumpen
11	Steuereinrichtung
12	Antriebe
13	Absperreinrichtung
14	Rückleitung
15	Ventil
16	Rückschlagventil
17	Temperaturmessplatz
18	Spritzdüsen
19	Spritzbalken
E	Energie
F	Ist-Strom
F*	Soll-Strom
Fmax	Maximalstrom
Fmin	Minimalstrom
H	thermodynamischer Energiezustand
n	Drehzahl
nmin	Minimaldrehzahl
nmax	Maximaldrehzahl
p0	Druck in der Aufbringeinrichtung
pA	ausgangsseitiger Druck
pE	eingangsseitiger Druck
S*	Ansteuerzustand

t Zeit
t1 bis t4 Zeitpunkte
x Transportrichtung

5

Patentansprüche

1. Betriebsverfahren für eine Kühlstrecke (2), die innerhalb einer Walzstraße angeordnet ist oder der Walzstraße vor- oder nachgeordnet ist und mittels derer ein heißes Walzgut (1) aus Metall gekühlt wird,

10

- wobei einer Anzahl von Aufbringeinrichtungen (6) der Kühlstrecke (2) über eine jeweilige Versorgungsleitung (8) und eine jeweilige Pumpe (10) ein jeweiliger Ist-Strom (F) eines flüssigen, auf Wasser basierenden Kühlmittels (7) zugeführt wird,

15

- wobei der jeweilige Ist-Strom (F) des Kühlmittels (7) mittels der jeweiligen Aufbringeinrichtung (6) auf das heiße Walzgut (1) aufgebracht wird,

- wobei das heiße Walzgut (1) innerhalb der Kühlstrecke (2) während des Aufbringens des Kühlmittels (7) in einer horizontalen Transportrichtung (x) transportiert wird,

dadurch gekennzeichnet,

20

dass eine Steuereinrichtung (11) der Kühlstrecke (2) in Abhängigkeit von einem mittels der jeweiligen Aufbringeinrichtung (6) auf das heiße Walzgut (1) aufzubringenden jeweiligen Soll-Strom (F*) des Kühlmittels (7) dynamisch einen jeweiligen Soll-Ansteuerzustand (S*) für die jeweilige Pumpe (10) ermittelt und die jeweilige Pumpe (10) entsprechend ansteuert, so dass der von der jeweiligen Pumpe (10) geförderte jeweilige Ist-Strom (F) dem jeweiligen Soll-Strom (F*) jederzeit so weit wie möglich angenähert wird.

25

2. Betriebsverfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass zwischen der jeweiligen Pumpe (10) und der jeweiligen Aufbringeinrichtung (6)

30

- entweder keine Absperreinrichtung (13) angeordnet ist

- oder zwar eine Absperreinrichtung (13) angeordnet ist, die Absperreinrichtung (13) während des Transports des Walzguts (1) durch die Kühlstrecke (2) jedoch permanent vollständig geöffnet gehalten wird

- oder zwar eine Absperreinrichtung (13) angeordnet ist, die Absperreinrichtung (13) jedoch sowohl öffnend als auch schließend ausschließlich dann betätigt wird, wenn eine Drehzahl der jeweiligen Pumpe (10) unterhalb

35

einer Minimaldrehzahl liegt.

3. Betriebsverfahren nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet,

dass der jeweiligen Pumpe (6) eine Rückleitung (14) parallel geordnet ist und dass die Rückleitung (14) einen kleineren Querschnitt als die jeweilige Versorgungsleitung (8) aufweist.

40

4. Betriebsverfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3,

dadurch gekennzeichnet,

dass die jeweilige Pumpe (10) immer dann, wenn der jeweilige Soll-Strom (F*) einen jeweiligen unteren Grenzwert unterschreitet, generatorisch betrieben wird oder mit invertierter Drehrichtung betrieben wird.

45

5. Betriebsverfahren nach Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet,

dass in der jeweiligen Versorgungsleitung (8) zwischen der jeweiligen Pumpe (10) und der jeweiligen Aufbringeinrichtung (6) ein Rückschlagventil (16) oder eine Rückschlagklappe angeordnet ist.

50

6. Betriebsverfahren nach einem der obigen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass vor der jeweiligen Pumpe (10) ein eingangsseitiger Druck (pE) des flüssigen Kühlmittels (7) erfasst wird und dass die Steuereinrichtung (11) den erfassten eingangsseitigen Druck (pE) bei der Ermittlung des jeweiligen Soll-Ansteuerzustands (S*) der jeweiligen Pumpe (10) berücksichtigt.

55

7. Betriebsverfahren nach einem der obigen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass hinter der jeweiligen Pumpe (10) ein ausgangsseitiger Druck (pA) des flüssigen Kühlmittels (7) erfasst wird und dass die Steuereinrichtung (11) den erfassten ausgangsseitigen Druck (pA) bei der Ermittlung des jeweiligen Soll-Ansteuerzustands (S*) der jeweiligen Pumpe (10) berücksichtigt.

8. Betriebsverfahren nach einem der obigen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Steuereinrichtung (11) den jeweiligen Soll-Strom (F*) in Abhängigkeit von einem unmittelbar vor Erreichen der jeweiligen Aufbringeinrichtung (6) bestehenden jeweiligen thermodynamischen Energiezustand (H) des Walzguts (1) ermittelt.

9. Betriebsverfahren nach einem der obigen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

- **dass** die Ist-Ströme (F) des Kühlmittels (7) mittels der Aufbringeinrichtungen (6) sequenziell nacheinander auf das heiße Walzgut (1) aufgebracht werden und
- **dass** die Steuereinrichtung (11) den jeweiligen thermodynamischen Energiezustand (H) des Walzguts (1) anhand des thermodynamischen Energiezustands (H) des Walzguts (1) vor der unmittelbar vorhergehenden Aufbringeinrichtung (6) unter zusätzlicher Berücksichtigung des Soll-Stroms (F*) des Kühlmittels (7) oder des Ist-Stroms (F) des Kühlmittels (7) ermittelt, der mittels der unmittelbar vorhergehenden Aufbringeinrichtung (6) auf das heiße Walzgut (1) aufgebracht wird bzw. aufgebracht werden soll.

10. Kühlstrecke, die innerhalb einer Walzstraße angeordnet ist oder der Walzstraße vor- oder nachgeordnet ist und mittels derer ein heißes Walzgut (1) aus Metall gekühlt wird,

- wobei die Kühlstrecke eine Anzahl von Aufbringeinrichtungen (6) aufweist, über die über eine jeweilige Versorgungsleitung (8) der Kühlstrecke und eine jeweilige Pumpe (10) der Kühlstrecke ein jeweiliger Ist-Strom (F) eines flüssigen, auf Wasser basierenden Kühlmittels (7) zugeführt wird,
- wobei der jeweilige Ist-Strom (F) des Kühlmittels (7) mittels der jeweiligen Aufbringeinrichtung (6) auf das heiße Walzgut (1) aufgebracht wird,
- wobei das heiße Walzgut (1) in der Kühlstrecke während des Aufbringens des Kühlmittels (7) in einer horizontalen Transportrichtung (x) transportiert wird,
- wobei die Kühlstrecke eine Steuereinrichtung (11) aufweist,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Steuereinrichtung (11) derart ausgebildet ist, dass sie in Abhängigkeit von einem mittels der jeweiligen Aufbringeinrichtung (6) auf das heiße Walzgut (1) aufzubringenden jeweiligen Soll-Strom (F*) des Kühlmittels (7) dynamisch einen jeweiligen Soll-Ansteuerzustand (S*) für die jeweilige Pumpe (10) ermittelt und die jeweilige Pumpe (10) entsprechend ansteuert, so dass der von der jeweiligen Pumpe (10) geförderte jeweilige Ist-Strom (F) dem jeweiligen Soll-Strom (F*) jederzeit so weit wie möglich angenähert wird.

11. Kühlstrecke nach Anspruch 10,

dadurch gekennzeichnet,

dass zwischen der jeweiligen Pumpe (10) und der jeweiligen Aufbringeinrichtung (6)

- entweder keine Absperreinrichtung (13) angeordnet ist
- oder zwar eine Absperreinrichtung (13) angeordnet ist, die Absperreinrichtung (13) während des Transports des Walzguts (1) durch die Kühlstrecke (2) von der Steuereinrichtung (11) jedoch permanent vollständig geöffnet gehalten wird
- oder zwar eine Absperreinrichtung (13) angeordnet ist, die Absperreinrichtung (13) von der Steuereinrichtung (11) jedoch sowohl öffnend als auch schließend ausschließlich dann betätigt wird, wenn eine Drehzahl der jeweiligen Pumpe (10) unterhalb einer Minimaldrehzahl liegt.

12. Kühlstrecke nach Anspruch 11,

dadurch gekennzeichnet,

dass der jeweiligen Pumpe (6) eine Rückleitung (14) parallel geordnet ist und dass die Rückleitung (14) einen kleineren Querschnitt als die jeweilige Versorgungsleitung (8) aufweist.

13. Kühlstrecke nach Anspruch 10, 11 oder 12,
dadurch gekennzeichnet,
dass die jeweilige Pumpe (10) immer dann, wenn der jeweilige Soll-Strom (F^*) einen jeweiligen unteren Grenzwert unterschreitet, von der Steuereinrichtung (11) derart angesteuert wird, dass sie generatorisch betrieben wird oder mit invertierter Drehrichtung betrieben wird.
14. Kühlstrecke nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet,
dass in der jeweiligen Versorgungsleitung (8) zwischen der jeweiligen Pumpe (10) und der jeweiligen Aufbringeinrichtung (6) ein Rückschlagventil (16) oder eine Rückschlagklappe angeordnet ist.
15. Kühlstrecke nach einem der Ansprüche 10 bis 14,
dadurch gekennzeichnet,
dass vor der jeweiligen Pumpe (10) ein eingangsseitiger Druck (p_E) des flüssigen Kühlmittels (7) erfasst wird und dass die Steuereinrichtung (11) den erfassten eingangsseitigen Druck (p_E) bei der Ermittlung des jeweiligen Soll-Ansteuerzustands (S^*) der jeweiligen Pumpe (10) berücksichtigt.
16. Kühlstrecke nach einem der Ansprüche 10 bis 15,
dadurch gekennzeichnet,
dass hinter der jeweiligen Pumpe (10) ein ausgangsseitiger Druck (p_A) des flüssigen Kühlmittels (7) erfasst wird und dass die Steuereinrichtung (11) den erfassten ausgangsseitigen Druck (p_A) bei der Ermittlung des jeweiligen Soll-Ansteuerzustands (S^*) der jeweiligen Pumpe (10) berücksichtigt.
17. Kühlstrecke nach einem der Ansprüche 10 bis 16,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Steuereinrichtung (11) den jeweiligen Soll-Strom (F^*) in Abhängigkeit von einem unmittelbar vor Erreichen der jeweiligen Aufbringeinrichtung (6) bestehenden jeweiligen thermodynamischen Energiezustand (H) des Walzguts (1) ermittelt.
18. Kühlstrecke nach Anspruch 17,
dadurch gekennzeichnet,
- **dass** die Ist-Ströme (F) des Kühlmittels (7) mittels der Aufbringeinrichtungen (6) sequenziell nacheinander auf das heiße Walzgut (1) aufgebracht werden und
 - **dass** die Steuereinrichtung (11) den jeweiligen thermodynamischen Energiezustand (H) des Walzguts (1) anhand des thermodynamischen Energiezustands (H) des Walzguts (1) vor der unmittelbar vorhergehenden Aufbringeinrichtung (6) unter zusätzlicher Berücksichtigung des Soll-Stroms (F^*) des Kühlmittels (7) oder des Ist-Stroms (F) des Kühlmittels (7) ermittelt, der mittels der unmittelbar vorhergehenden Aufbringeinrichtung (6) auf das heiße Walzgut (1) aufgebracht wird bzw. aufgebracht werden soll.

FIG 1

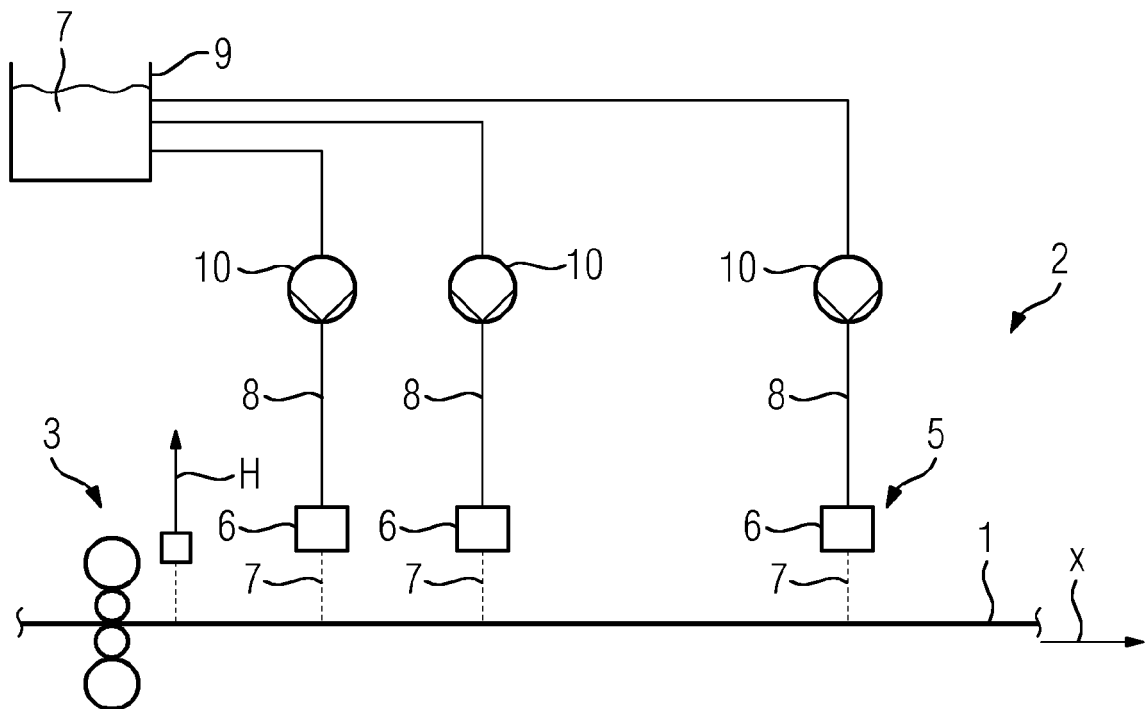


FIG 2

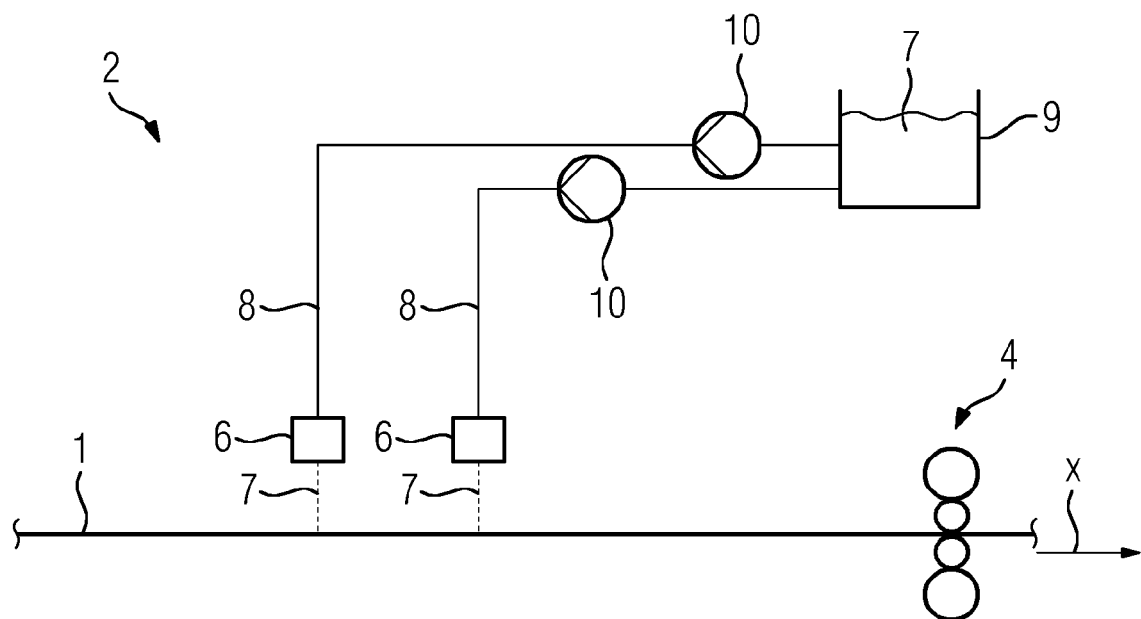


FIG 3

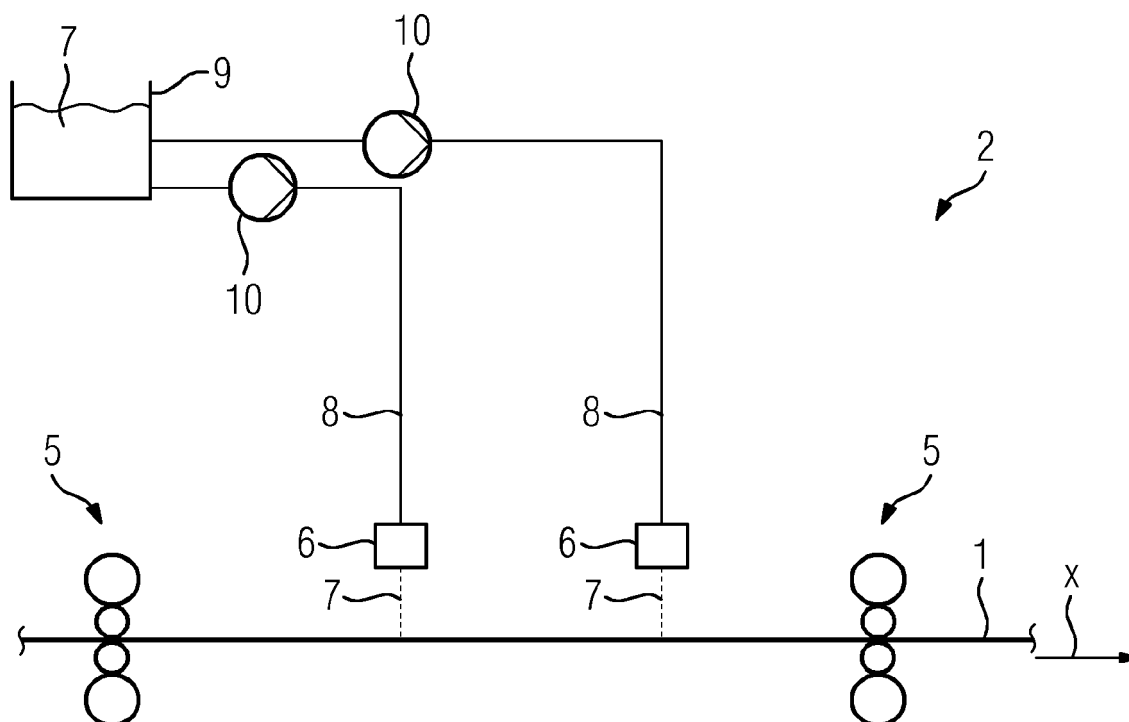


FIG 4

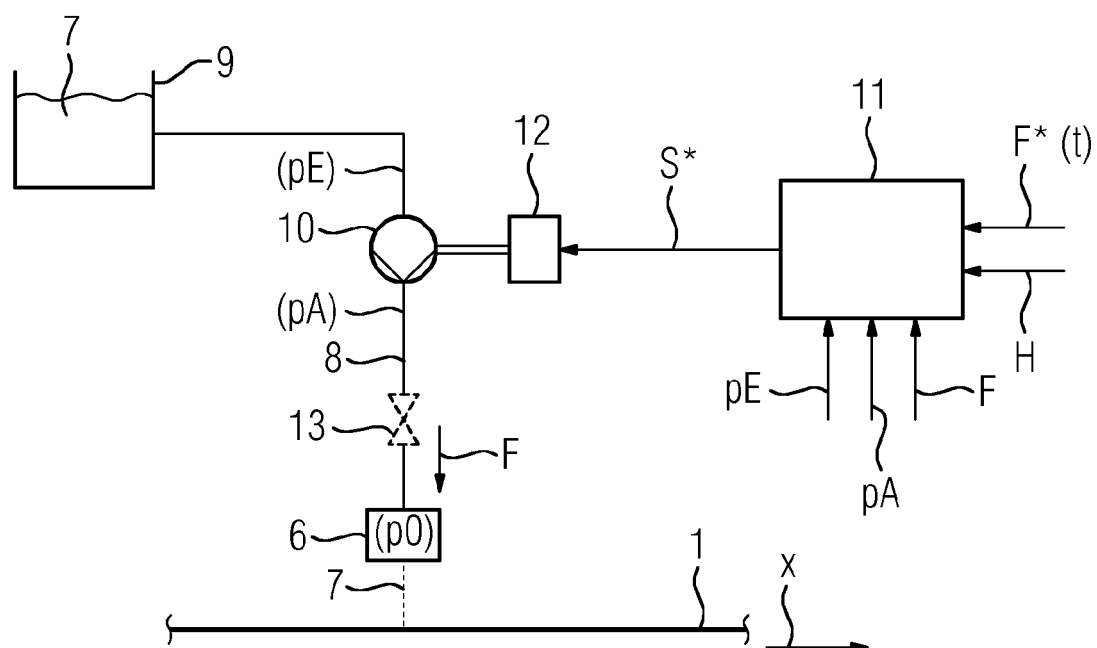


FIG 5

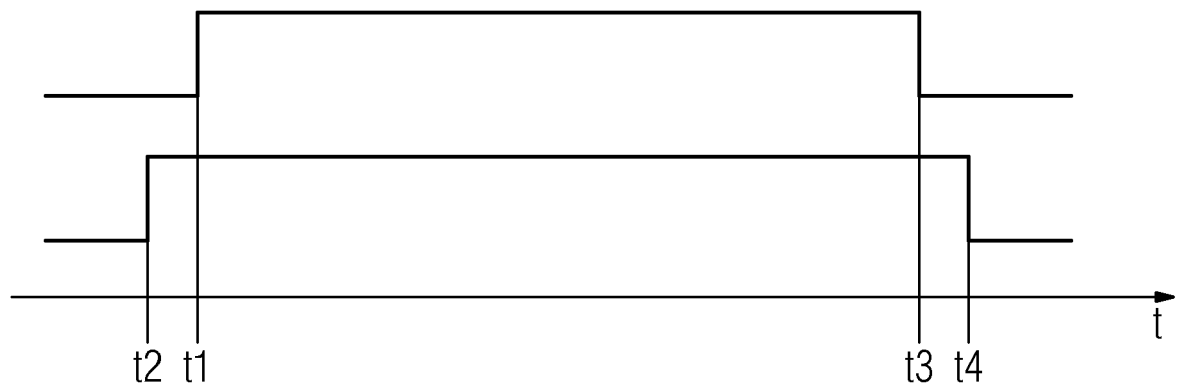


FIG 6

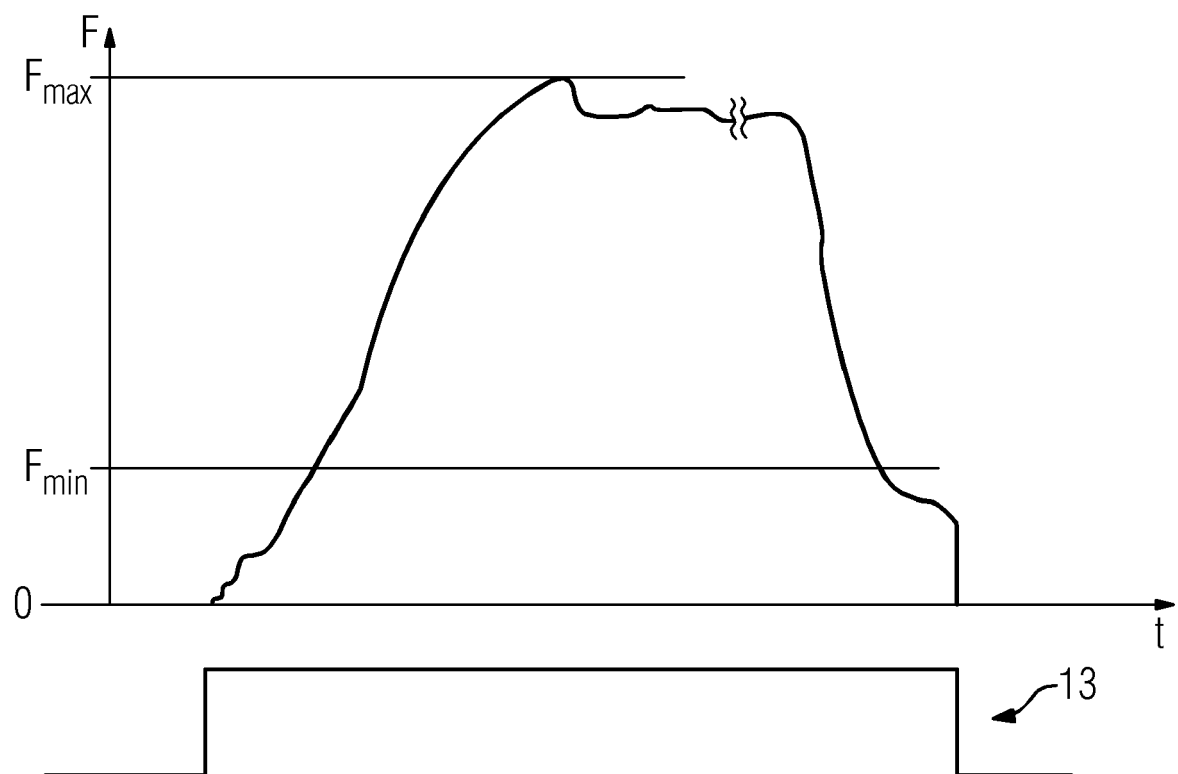


FIG 7

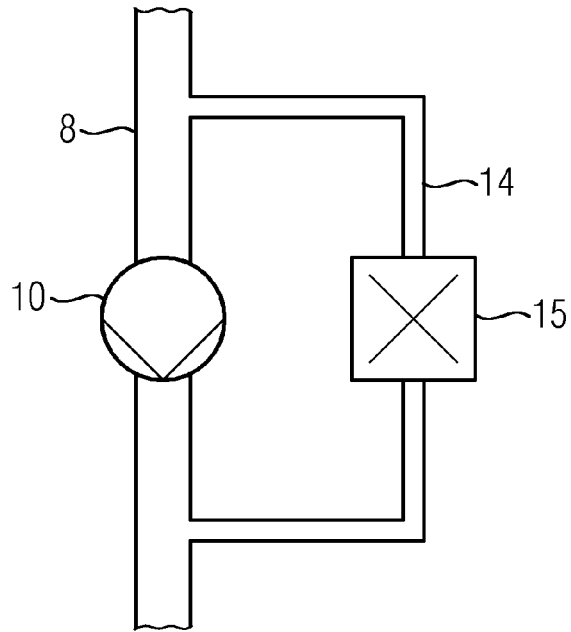


FIG 8

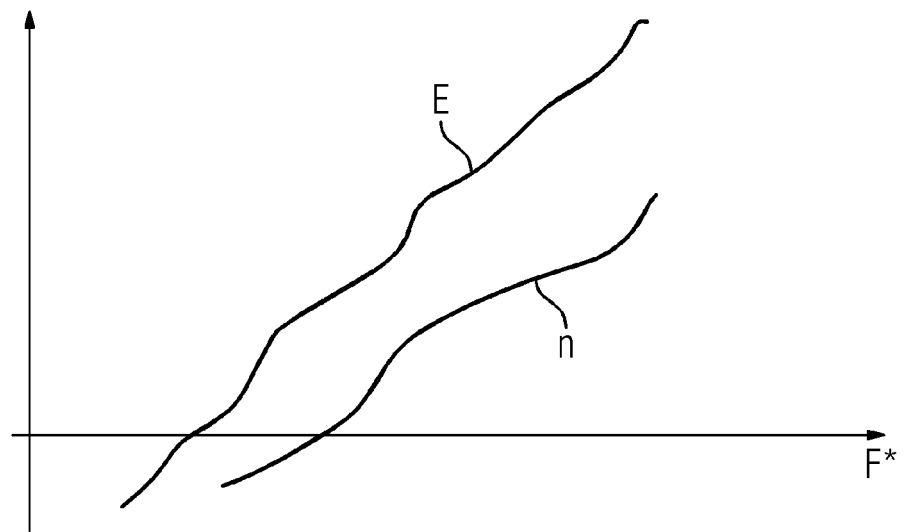


FIG 9

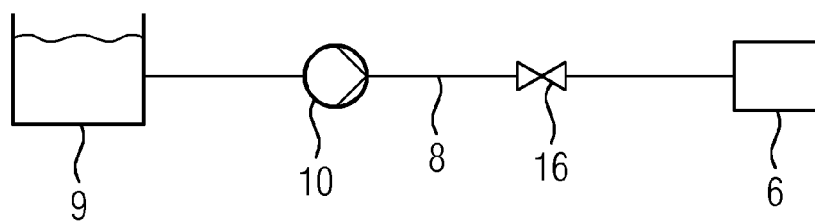


FIG 10

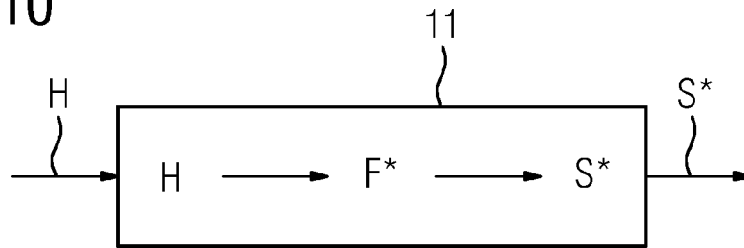


FIG 11

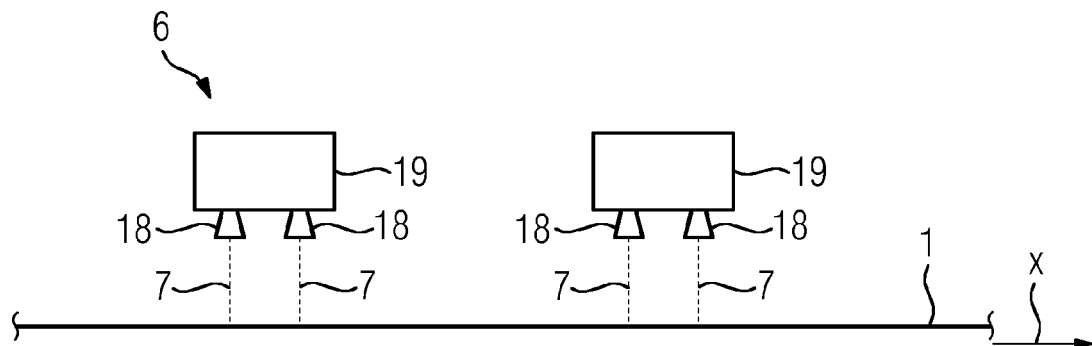
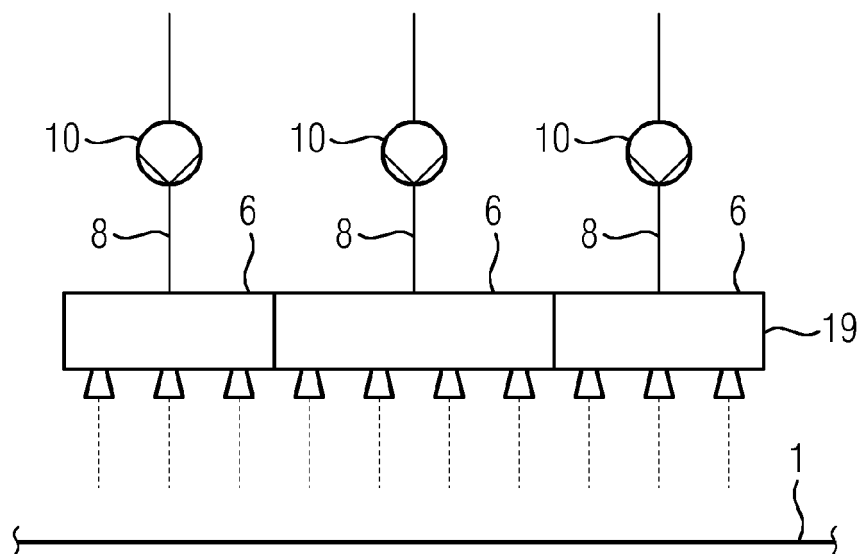


FIG 12





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 18 18 5526

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	EP 2 767 353 A1 (SIEMENS VAI METALS TECH GMBH [AT]) 20. August 2014 (2014-08-20) * Ansprüche 1-11; Abbildung 1 *	1-18	INV. B21B37/74
A	EP 2 898 963 A1 (SIEMENS AG [DE]) 29. Juli 2015 (2015-07-29) * Ansprüche 1-11; Abbildung 1 *	1,10	ADD. B21B37/76 B21B45/02
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B21B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 11. Januar 2019	Prüfer 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 : 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	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 18 18 5526

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.

11-01-2019

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
15	EP 2767353	A1	20-08-2014	BR 112015019431 A2	18-07-2017	
				CN 105163876 A	16-12-2015	
				EP 2767353 A1	20-08-2014	
				EP 2956250 A1	23-12-2015	
				US 2015375284 A1	31-12-2015	
				US 2018345343 A1	06-12-2018	
				WO 2014124868 A1	21-08-2014	

20	EP 2898963	A1	29-07-2015	CN 106163684 A	23-11-2016	
				EP 2898963 A1	29-07-2015	
				EP 3099430 A1	07-12-2016	
				US 2016346822 A1	01-12-2016	
				WO 2015113825 A1	06-08-2015	

25						
30						
35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 2010040614 A2 **[0010]**
- US 20080035298 A1 **[0011]**
- US 20100218516 A1 **[0012]**
- US 20070074846 A1 **[0013]**
- US 20090314460 A1 **[0014]**
- US 20120298224 A1 **[0015]**