



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
02.10.2013 Patentblatt 2013/40

(51) Int Cl.:
C21D 11/00 (2006.01) **C21D 9/573** (2006.01)
B21B 37/76 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12161804.5**

(22) Anmeldetag: **28.03.2012**

(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

(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

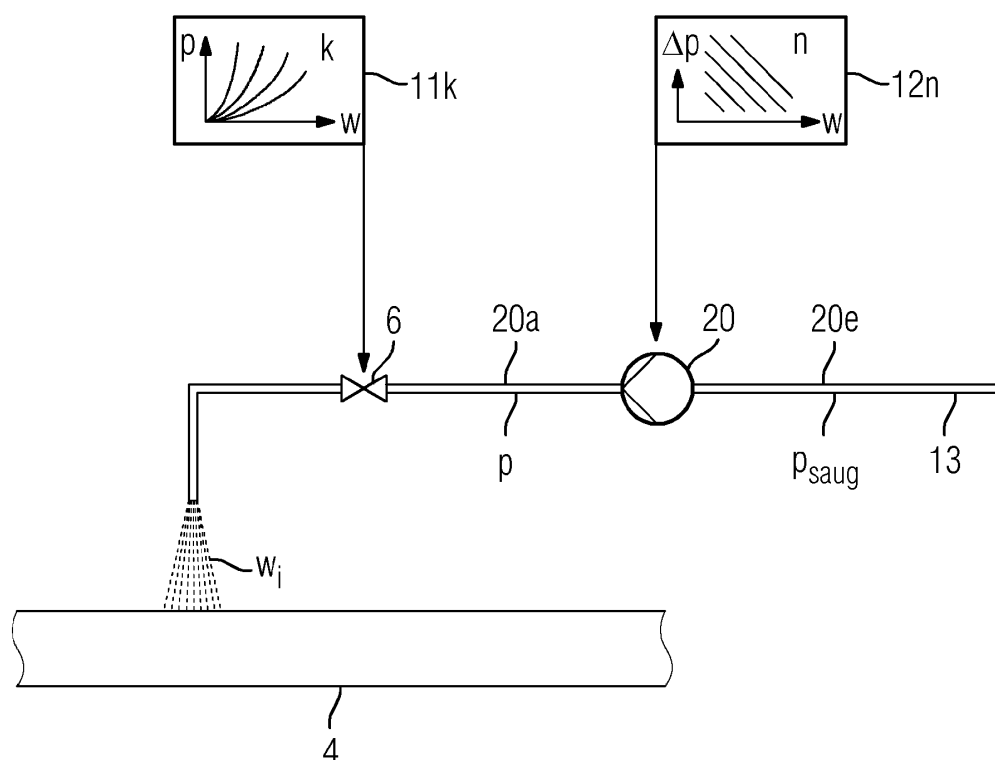
(72) Erfinder: **Weinzierl, Klaus**
90480 Nürnberg (DE)

(54) **Steuerung einer Kühlung**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung einer Kühlung eines Werkstoffs (4) mit einem Kühlmittel, wobei eine Zufuhr (13) des Kühlmittels zu dem Werkstoff (4) durch mindestens ein Stellglied (6) gesteuert wird, welches in zwei oder mehr unterschiedliche Stellungen (k) einstellbar ist, wobei dem Stellglied (6) ein Stellglied-Kennlinienfeld (11k) zugeordnet wird, welches eine Beziehung zwischen einem Kühlmittelstrom (w), ei-

nem Druck (p) des Kühlmittels und einer Stellung (k) des Stellglieds (6) angibt, und wobei ein Kühlmittelstrom (w_i) eingestellt wird, indem der Druck (p_i) des Kühlmittels in Flussrichtung des Kühlmittels gesehen vor dem mindestens einen Stellglied (6) ermittelt wird, aus dem Stellglied-Kennlinienfeld (11k) die zu dem ermittelten Druckwert (p_i) und einem Soll-Kühlmittelstrom korrespondierende Stellung (k_i) ermittelt wird, und das Stellglied (6) in die ermittelte Stellung (k_i) eingestellt wird.

FIG 6



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung einer Kühlung eines Werkstoffs mit einem Kühlmittel, ein Computerprogrammprodukt zum Ausführen eines solchen Verfahrens, eine Steuerungseinrichtung zur Steuerung einer Kühlung eines Werkstoffs mit einem Kühlmittel, und eine Kühlstrecke einer Walzanlage, umfassend eine solche Steuerungseinrichtung.

[0002] Zur Kühlung von Metallbändern, insbesondere von Stahlbändern, ist es bekannt, auf diese große Mengen von Wasser als Kühlmittel aufzubringen. In einer Kühlstrecke muss der Kühlmittelstrom und damit die Kühlintensität so geregelt sein, dass das gewünschte Gefüge des abzukühlenden Werkstoffs mit hoher Präzision festgelegt wird.

[0003] DD 213 853 A1 beschreibt eine Regeleinrichtung zur Regelung einer Wasserzufuhr in einer Wasserkuhlstrecke, die zur Abkühlung eines Walzgutes betrieben wird. Die Regeleinrichtung umfasst Durchflussmengenmesser und Stellventile in Zuleitungen zu Kühltürsen, welche mit einem Regelorgan einer EDV-Anlage in Verbindung stehen, in der je nach Typ des Walzgutes eines von mehreren hinterlegten Kühlregelprogrammen abgearbeitet wird (EDV = Elektronische Daten-Verarbeitung).

[0004] DE 101 37 596 A1 beschreibt ein Verfahren zur Kühlung von Werkstücken, insbesondere von Walzprodukten aus Stahl. Der Druck des Kühlwassers wird durch eine Verstellung von Druckregelventilen eingeregelt. Hierbei wird laufend kontrolliert, ob eine unzulässige Abweichung gemessener Ist-Druckwerte von Soll-Druckwerten vorliegt und gegebenenfalls eine Regelung der Druckwerte durchgeführt.

[0005] Solche Druckregelkreise werden durch Änderungen der Sollwassermenge an den Ventilen der Kühlstrecke ständig gestört. Für den Druckregelkreis ändert sich also ständig das Verhalten der Regelstrecke. Umgekehrt werden alle Durchflussregelkreise durch Druckschwankungen gestört. Daher sind solche Regelungen einer Kühlstrecke relativ langsam. Besonders störend tritt dieser Nachteil bei einer Intensivkühlung zutage, d. h. im Falle eines hohen Wasserbedarfs bei einem Wasserdruck größer als 1 bar. Ein solch hoher Wasserdruck kann allein mit einem Hochtank nicht bereitgestellt werden, so dass der Betrieb der Intensivkühlung und einer Wasserpumpe der Wasserwirtschaft nicht mehr entkoppelt möglich ist.

[0006] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine verbesserte Kühlung eines Werkstoffs mit einem Kühlmittel anzugeben.

[0007] Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Steuerung einer Kühlung eines Werkstoffs mit einem Kühlmittel, wobei eine Zufuhr des Kühlmittels zu dem Werkstoff durch mindestens ein Stellglied gesteuert wird, welches in zwei oder mehr unterschiedliche Stellungen einstellbar ist, wobei dem Stellglied ein Stellglied-Kennlinienfeld zugeordnet wird, welches eine Beziehung zwischen einem Kühlmittelstrom, einem Druck des Kühlmittels

und einer Stellung des Stellglieds angibt, und wobei ein Kühlmittelstrom eingestellt wird, indem der Druck des Kühlmittels in Flussrichtung des Kühlmittels gesehen vor dem mindestens einen Stellglied ermittelt wird, aus dem Stellglied-Kennlinienfeld die zu dem ermittelten Druckwert und einem Soll-Kühlmittelstrom korrespondierende Stellung ermittelt wird, und das Stellglied in die ermittelte Stellung eingestellt wird. Die Aufgabe wird weiter gelöst durch ein Computerprogrammprodukt zur Steuerung der Kühlung eines Werkstoffs mit einem Kühlmittel, wobei eine Zufuhr des Kühlmittels zu dem Werkstoff durch mindestens ein Stellglied gesteuert wird, welches in zwei oder mehr unterschiedliche Stellungen einstellbar ist, wobei dem Stellglied ein Stellglied-Kennlinienfeld zugeordnet ist, welches eine Beziehung zwischen einem Kühlmittelstrom, einem Druck des Kühlmittels und einer Stellung des Stellglieds angibt, wobei das Computerprogrammprodukt, wenn es durch eine Recheneinheit ausgeführt wird, folgende Verfahrensschritte durchführt: Ermitteln einer zu einem Druckwert des Kühlmittels, der in Flussrichtung des Kühlmittels gesehen vor dem mindestens einen Stellglied ermittelt wurde, und einem Soll-Kühlmittelstrom korrespondierenden Stellung aus dem Stellglied-Kennlinienfeld; und Erzeugen eines Signals, das eine Einstellung des Stellglieds in die ermittelte Stellung auslöst. Die Aufgabe wird außerdem gelöst durch eine Steuerungseinrichtung zur Steuerung einer Kühlung eines Werkstoffs mit einem Kühlmittel, umfassend eine Speichereinheit, welche zur Speicherung eines Stellglied-Kennlinienfelds ausgebildet ist, das eine Beziehung zwischen einem Kühlmittelstrom, einem Druck des Kühlmittels und einer Stellung mindestens eines dem Stellglied-Kennlinienfeld zugeordneten Stellglieds zur Steuerung der Zufuhr des Kühlmittels zu dem Werkstoff angibt, eine Prozessoreinheit, welche dazu ausgebildet ist, aus dem gespeicherten Stellglied-Kennlinienfeld die zu einem ermittelten Druckwert des Kühlmittels und einem Soll-Kühlmittelstrom korrespondierende Stellung des mindestens einen Stellglieds zu ermitteln, und eine Signaleinheit, welche dazu ausgebildet ist, an eine Stellereinheit ein Signal zur Einstellung des mindestens einen Stellglieds in die ermittelte Stellung zu senden.

[0008] Ein übliches Kühlmittel ist Wasser, insbesondere für die Kühlung eines Werkstoffs wie Metall. In Bezug auf ein Kühlmittel werden in der Beschreibung der Erfindung die Begriffe "Strom" und "Fluss" gleichbedeutend verwendet: sie beschreiben eine pro Zeiteinheit durch eine gegebene Querschnittsfläche hindurch tretende Menge an Kühlmittel. Dabei kann die Kühlung in Form einer Wasserstrahlkühlung, häufig auch als Laminarkühlung bezeichnet, erfolgen. Eine Wasserstrahlkühlung ist eine Kühlung des Materials mit einem oder mehreren Wasserstrahlen. Die Intensivkühlung kann als ein Spezialfall der Laminarkühlung betrachtet werden. Für eine Intensivkühlung im Sinne der vorliegenden Beschreibung ist ein hoher Wasserbedarf bei einem Wasserdruck größer als 1 bar kennzeichnend. Der Wasserbedarf der Intensivkühlung kann aus einem reinen Was-

serhochtank nicht mehr gedeckt werden, so dass der Betrieb der Intensivkühlung- im Falle von Wasser als Kühlmittel - mit einer Wasserpumpe der Wasserwirtschaft gekoppelt ist. Die Ventile der Intensivkühlung sind dabei vorzugsweise kontinuierlich verstellbar, d. h. die Wassermengen sind kontinuierlich veränderbar, um eine genaue Dosierung der Kühlleistung zu ermöglichen.

[0009] Erfindungsgemäß werden keine Durchflussregelkreise aufgebaut, sondern die Stellglieder eines Kühlmittellaufs direkt angesteuert. Weiterhin wird auch kein Druckregelkreis für die der Kühlung zuzuführende Kühlmittelmenge aufgebaut. Die vorliegende Erfindung beruht dabei auf der Erkenntnis, dass eine hohe Einstellungsgeschwindigkeit eines benötigten Kühlmittelstroms, z. B. eines Kühlwasserstroms in einer Kühlstraße, nur über eine Steuerung zu erreichen ist, wohingegen eine herkömmliche Regelung dafür zu langsam und zu störanfällig ist, vor allem unter den Bedingungen einer Intensivkühlung.

[0010] Vorzugsweise wird dabei wie folgt verfahren: Jedem Stellglied, z. B. in Form einer Regelklappe oder eines Ventils, wird ein erstes Stellglied-Kennlinienfeld $k = f(w, p)$ zugeordnet, das die Eingangsgrößen Kühlmittelstrom w und Druck p des Kühlmittels auf eine Stellgliedstellung k abbildet und das aus einem Soll-Kühlmittelstrom w eine direkte Ermittlung einer korrespondierenden Stellgliedstellung k ermöglicht. Dieses Kennlinienfeld ist entweder vorbekannt oder wird zumindest einmalig durch Auslitern des Stellglieds ermittelt. Unter "Auslitern" wird eine experimentelle Ermittlung des Durchflusses durch das Stellglied als Funktion der Stellung des Ventils und des Drucks des Kühlmittels verstanden. Zum Kalibrieren des Stellglied-Kennlinienfeldes $f(w, p)$ können Durchflussmessungen vorgenommen werden.

[0011] Alternativ kann ein zweites Stellglied-Kennlinienfeld $w = g(k, p)$ abgelegt werden, das die Eingangsgrößen Stellgliedstellung k und Druck p des Kühlmittels auf einen Kühlmittelstrom w abbildet. Es ist auch möglich, dass alternativ ein drittes Stellglied-Kennlinienfeld $p = h(k, w)$ abgelegt wird, das die Eingangsgrößen Stellgliedstellung k und Kühlmittelstrom w auf einen Druck p des Kühlmittels abbildet.

[0012] Ein Prozessrechner steuert die Stellglieder unter Verwendung der dazugehörigen Kennlinienfelder derart an, dass durch jedes Stellglied der geforderte Kühlmittelstrom fließt. Dazu wird der Istdruck p erfasst, in das Kennlinienfeld eines jeden Stellglieds eingesetzt und jeder Soll-Kühlmittelstrom w auf eine korrespondierende Soll-Stellgliedstellung k abgebildet. Alternativ wird der Soll-Druck anstelle des Ist-Drucks in das Kennlinienfeld eingesetzt.

[0013] Tests haben gezeigt, dass als Regelklappen ausgebildete Stellglieder in 2 s von 0% auf 100% ihres Öffnungsgrads und in 1 s von 20% auf 80% ihres Öffnungsgrads verfahren werden können, und darüber hinaus die Pumpe in weniger als 1 s vom Stillstand auf die Maximaldrehzahl gebracht werden kann. Dadurch ist eine schnelle Einstellung des Kühlmittelstroms in jedem

Kühlmittelzulauf zum Werkstoff und eine noch schnellere Einstellung des Kühlmittelstroms zur Versorgung der Intensivkühlung möglich, auch wenn das Kühlmittel zu der Intensivkühlung erst über eine lange Zuleitung, z. B. über eine Länge im Bereich von 100 bis 200 m, heran transportiert werden muss.

[0014] Mit der vorliegenden Erfindung ist es möglich, eine große Kühlmittelmenge, wie sie z. B. in einer Intensivkühlung einer Kühlstraße einer Walzanlage benötigt wird, beispielsweise eine Kühlwassermenge von ca. 150 m³ Wasser, ausreichend schnell zu beschleunigen, um mit dem Eintritt des zu kühlenden Werkstoffs, z. B. eines Metallbands, in die Kühlstraße in einer sehr kurzen Zeit, z. B. auf einer Zeitskala von typischerweise 1 s, einen stabilen Kühlmittelstrom aufzubauen. Selbst bei dünnen Metallbändern, die mit einer Geschwindigkeit von ca. 10 m/s durch die Kühlstraße transportiert werden, bleibt also die Länge unzureichend gekühlten Materials kleiner als 10 m. Bei einer Kühlstraße mit Laminarkühlung liegt dieser Wert in derselben Größenordnung.

[0015] Eine Kühlung mit der erfindungsgemäßen Steuerung von Stellgliedern hat somit folgende Vorteile:

- Der benötigte Kühlmittelstrom kann genau zum gewünschten Zeitpunkt, z. B. beim Eintritt eines Materialbandes in die Kühlstraße, bereitgestellt werden. Umgekehrt kann der Kühlmittelstrom entsprechend schnell genau zum gewünschten Zeitpunkt, z. B. beim Austritt eines Materialbandes aus der Kühlstraße, reduziert werden.
- Eine hohe Regeldynamik wird auch während des Bandlaufs am Anlagenlimit erreicht; damit ist auch im Falle einer Intensivkühlung eine genaue Einstellung der Haspeltemperatur möglich, analog wie bei einer Laminarkühlung. Im Falle einer Intensivkühlung verringert sich also gegenüber einer Laminarkühlung die Genauigkeit der Haspeltemperatur nicht.
- Ein dynamischer Betrieb ist sowohl unter Hochdruck als auch unter Niederdruck des Kühlmittels möglich. Wird ein großer Kühlmittelstrom benötigt, kann der Soll-Druck angehoben werden (= Hochdruckbetrieb). Für Anwendungen, für die lediglich ein geringerer Kühlmittelstrom benötigt wird, kann man als Soll-Druck den Versorgungsdruck p_{saug} der Pumpe wählen (= Niederdruckbetrieb). Die Pumpendrehzahl kann dabei so gewählt werden, dass die Pumpe einfach nur wie eine Wasseruhr mitdreht, ohne den Versorgungsdruck der Intensivkühlung selbst zu verändern.
- Ein kontinuierlicher Wechsel zwischen einem Niederdruckbetrieb und einem Hochdruckbetrieb, auch während eines laufenden Kühlprozesses, ist möglich. Dadurch ist eine große Flexibilität in den Kühlverfahren, z. B. in der Produktion in einem Stahlwerk, gewährleistet.
- Auf eine mit hohen Kosten verbundene dynamische Durchflussmessung mithilfe einer Messeinrichtung

vor jedem Stellglied, z. B. jedem Ventil, der Intensivkühlung kann verzichtet werden. Damit kann außerdem auf eine ausreichend lang ausgelegte, geradlinige Beruhigungsstrecke verzichtet werden, die im Falle einer Durchflussmessung zusätzlich zu einer Messeinrichtung erforderlich ist und die Kühlanlage zusätzlich verteuert.

- Die Erfindung erlaubt eine Kühlung mit einem hohen Wirkungsgrad. Das gesamte Kühlmittel, das transportiert, insbesondere gepumpt wird, wird zur Kühlung, insbesondere zur Intensivkühlung, verwendet. Dabei kann der Energieverbrauch der Pumpe noch weiter dadurch reduziert werden, dass ein höherer Druck des Kühlmittels nur dann erzeugt wird, wenn dieser tatsächlich benötigt wird. Der Bedarf für einen Hochdruckbetrieb kann z. B. dadurch festgestellt werden, dass man Stellungen von Stellgliedern, z. B. Klappenstellungen von Ventilen, ermittelt und den Soll-Druck für die Pumpe erst dann anhebt, wenn die Stellung wenigstens eines Stellglieds eine bestimmte, als Grenzwert vorgegebene Öffnungsstellung überschreiten würde.
- Die Erfindung ist ein wesentlicher Baustein einer Anlage, die einen kombinierten, flexiblen Kühlbetrieb erlaubt, durch den die normale Produktion, z. B. in einem Stahlwerk, nicht gestört oder beeinträchtigt wird.

[0016] Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen. Dabei kann das erfindungsgemäße Verfahren auch entsprechend den abhängigen Vorrichtungsansprüchen weitergebildet sein, und umgekehrt.

[0017] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird das mindestens eine Stellglied kontinuierlich in die ermittelte Stellung eingestellt. Vorzugsweise handelt es sich bei dem mindestens einen Stellglied um ein kontinuierlich verstellbares Stellglied. Eine kontinuierliche Einstellung bzw. Verstellbarkeit des mindestens einen Stellglieds bedeutet, dass das mindestens eine Stellglied stufenlos in die ermittelte Stellung verstellt wird. Bei dem stufenlos verstellbaren Stellglied kann es sich z. B. um ein Ventil oder eine Regelklappe handeln.

[0018] Ein Steuerungsverfahren unter Verwendung von kontinuierlich verstellbaren Stellgliedern ist nicht wesentlich teurer als die übliche Ausrüstung von Kühlstrecken mit einfachen Schaltventilen. In diesem Fall entkoppelt ein Hochtank die Steuerung der Wasserwirtschaft von der Steuerung der Klappen der Ventile. Eine solche Steuerung vermeidet die bei Schaltventilen auftretenden Schaltsprünge in der Temperatur und ist daher besonders geeignet für eine modellprädiktive Steuerung des zeitlichen Abkühlverlaufs in der Kühlstrecke.

[0019] Eine bevorzugte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass mindestens einer Kühlmittelpumpe, die in Flussrichtung des Kühlmittels gesehen vor dem mindestens einen Stellglied angeordnet ist, ein Pumpen-Kennlinienfeld $n = q(w, \Delta p)$ zugeordnet wird, welches

eine Pumpendrehzahl n als Funktion eines Kühlmittelstroms w und einer Druckdifferenz Δp des Kühlmittels, die zwischen einem Saugdruck an einer Eingangsseite der Pumpe und einem Ausgangsdruck an einer Ausgangsseite der Pumpe herrscht, angibt, der Saugdruck des Kühlmittels ermittelt wird, und die Pumpe mit einer Drehzahl betrieben wird, die zu der Druckdifferenz und einem Soll-Kühlmittelstrom aus dem Pumpen-Kennlinienfeld ermittelt wird.

[0020] Es ist alternativ auch möglich, dass der mindestens einen Kühlmittelpumpe ein zweites Pumpen-Kennlinienfeld $w = r(n, \Delta p)$ zugeordnet wird, welches den Kühlmittelstrom w als Funktion r der Pumpendrehzahl n und der Druckdifferenz Δp des Kühlmittels, die zwischen dem Saugdruck an der Eingangsseite der Pumpe und dem Ausgangsdruck an der Ausgangsseite der Pumpe herrscht, angibt. Es ist alternativ auch möglich, dass der mindestens einen Kühlmittelpumpe ein drittes Pumpen-Kennlinienfeld $\Delta p = s(n, w)$ zugeordnet wird, welches die Druckdifferenz Δp des Kühlmittels, die zwischen dem Saugdruck an der Eingangsseite der Pumpe und dem Ausgangsdruck an der Ausgangsseite der Pumpe herrscht, als Funktion s der Pumpendrehzahl n und des Kühlmittelstroms w angibt.

[0021] Der Kühlmittelpumpe, z. B. einer Wasserpumpe, die die Kühlvorrichtung mit Kühlmittel versorgt, kann ein Pumpen-Kennlinienfeld $n = q(w, p - p_{\text{saug}})$ zugeordnet werden. Dabei bezeichnet n die Soll-Pumpendrehzahl, w den zur Kühlung zu fördernden Kühlmittelstrom, p den Druck an der Ausgangsseite der Pumpe und p_{saug} den Saugdruck auf der Eingangsseite der Pumpe. Dabei muss w die Summe der Kühlmittelströme aller Stellglieder der Kühlung sein, zuzüglich eventuell weiterer vorhandener Abnehmer, die Kühlmittel von der Pumpe der Kühlung beziehen. Die Pumpe wird von einem Prozessrechner so angesteuert, dass sie mit einer Drehzahl n fährt, die bei Einsetzen des Soll-Kühlmittelstroms w und einer Solldruckerhöhung $p - p_{\text{saug}}$ in das Pumpen-Kennlinienfeld hervorgeht. Dazu wird mit Vorteil der Saugdruck auf der Eingangsseite der Pumpe gemessen. Alternativ kann auch ein Schätzwert verwendet werden, z. B. berechnet aus der Höhendifferenz zwischen dem Aufstellungsort der Pumpe und dem Kühlmittelspiegel in einem Kühlmittel-tank, mit dem die Saugseite der Pumpe versorgt wird. Alternativ kann auch ein Sollwert einer anderen Regeleinrichtung verwendet werden, die der Pumpe das Kühlmittel auf der Saugseite liefert.

[0022] Es ist von Vorteil, wenn eine Steuerungseinrichtung nicht nur die Stellglieder, sondern auch die Pumpen, z. B. für den Hochtank, steuert, weil der Steuerungseinrichtung die bereitzustellenden Kühlmittelströme bereits vorab bekannt sind. Dies kann in Form eines so genannten intelligenten Kühlmittelmanagements bereitgestellt werden: In diesem Fall steuert die Steuerungseinrichtung neben Stellgliedern, z. B. den Klappen der Ventile, die gesamte Wasserwirtschaft übergreifend an und "kennt" alle Wasserverbraucher im System, d. h. berücksichtigt deren Wasserverbrauch auf Basis bisher gesam-

melter und/oder aktueller Verbrauchswerte. Die Steuerungseinrichtung steuert insbesondere auch die Intensivkühlung an.

[0023] Die Pumpe wird vorzugsweise mit einem Umrichter frequenzgeregelt angesteuert. Das Kennlinienfeld der Pumpe ist entweder vorbekannt oder wird zu-

mindest einmalig durch Auslitern der Pumpe ermittelt.

[0024] Es ist von Vorteil, dass die Stellung des mindestens einen Stellglieds und die Drehzahl zum Betreiben der mindestens einen Kühlmittelpumpe in einem Schritt als ein gemeinsamer Sollwertsatz ermittelt wird, wobei der Druck des Kühlmittels vor dem mindestens einen Stellglied identisch zu dem Ausgangsdruck an der Ausgangsseite der Pumpe ist.

[0025] Ein Prozessrechner ermittelt die Solldrehzahl der Pumpe und die Stellungen der Stellglieder, z. B. die Stellungen von Ventilen oder Klappen, vorzugsweise in einem Schritt als einen gemeinsamen Sollwertsatz (= übergreifende Steuerung). So muss nicht gewartet werden, bis der Ist-Kühlmitteldruck tatsächlich ansteht, wenn die Stellglieder betätigt werden, und umgekehrt. Weiterhin wird vermieden, dass die Pumpe durch einen Betrieb in einem unzulässigen Bereich beschädigt werden kann. Eine solche Beschädigung könnte nämlich vorkommen, wenn eine separate Pumpenregelung aufgrund einer früheren Schätzung des Kühlmittelbedarfs die Pumpe im Sinne einer Vorsteuerung hochfährt, aber der Prozessrechner die Stellglieder nicht wie erwartet öffnet, weil ein Fehler vorliegt und der Sollwertsatz für die Stellglieder dort nicht ankommt. Bei einem gemeinsamen Sollwertsatz ist dagegen Konsistenz immer sichergestellt.

[0026] Es ist außerdem möglich, dass der Saugdruck des Kühlmittels an der Eingangsseite der Pumpe durch eine Messung oder eine Schätzung ermittelt wird.

[0027] Gemäß einer Ausgestaltung wird das Stellglied-Kennlinienfeld adaptiert, indem der Druck des Kühlmittels ermittelt, insbesondere gemessen, wird, die Stellung des Stellglieds ermittelt wird, aus dem Stellglied-Kennlinienfeld der zu den ermittelten Werten, d. h. Druck und Stellung, korrespondierende Kühlmittelstrom ermittelt wird, der aus dem Stellglied-Kennlinienfeld ermittelte Kühlmittelstrom mit einem gemessenen Kühlmittelstrom verglichen wird und das Stellglied-Kennlinienfeld so verändert wird, dass der aus dem Stellglied-Kennlinienfeld ermittelte Kühlmittelstrom mit dem gemessenen Kühlmittelstrom übereinstimmt.

[0028] Gemäß einer Ausgestaltung wird das Stellglied-Kennlinienfeld, welches in einer zweiten Form $w = g(k_i, p)$ gegeben ist, zur Adaptierung des Stellglied-Kennlinienfelds mittels Ansatzfunktionen dargestellt, in der Form $g(k_i, p) = \sum_j c_j g_j(k_i, p)$, wobei die Verstärkungsfaktoren c_j geeignet zu den jeweils dazugehörigen Ansatzfunktionen $g_j(k_i, p)$ gewählt werden. Der übliche Nachteil einer Steuerung, dass die eingestellten Kühlmittelmengen ungenauer sind als bei einer Regelung, kann durch eine Adaption des Stellglied-Kennlinienfelds mithilfe der Faktoren c_j ausgeglichen werden.

[0029] Wenn die Ansatzfunktionen lokal sind, z. B.

wenn sie B-Splines sind, die nur in einer Umgebung um den Entwicklungspunkt von Null verschieden sind, konvergiert die Adaption besonders schnell, weil dann das Kennlinienfeld nur in der Nähe der momentanen Messung verbessert wird und Stellen des Kennlinienfeldes, die weiter weg von der momentanen Messung sind, nicht verändert, insbesondere nicht verschlechtert werden.

[0030] Bei dieser Vorgehensweise ist es noch erforderlich, während oder nach der Adaption das Kennlinienfeld zu überprüfen, ob es noch streng monoton steigend ist. Das kann z. B. vorkommen, wenn ungenaue Messwerte erfasst werden oder das anfängliche Kennlinienfeld sehr ungenau ist und die Adaption große Korrekturen vornehmen muss. Ist das Kennlinienfeld nach Adaption nicht streng monoton steigend, ist die Anpassung des jeweiligen Faktors c_j zu reduzieren oder rückgängig zu machen. Andernfalls kann der Prozessrechner aus einem gegebenen Soll-Kühlmittelstrom W_{Soll} und einem Druck p nicht mehr eindeutig durch Auflösen der Funktion $W_{\text{Soll}} = g(k_i, p)$ nach k_i eine Stellung k_i des Stellgliedes ermitteln.

[0031] Es ist auch möglich, in einer verbesserten Ausführung das Stellglied-Kennlinienfeld in einer ersten Kennlinien-Form $k = f(w, p)$ abzulegen, die eine direkte Ermittlung der Stellglied-Stellung k_i aus einem Soll-Kühlmittelstrom w ermöglicht.

[0032] Es ist jetzt nämlich möglich, das in der ersten Kennlinien-Form $k = f(w, p)$ abgelegte Kennlinienfeld insbesondere direkt zu adaptieren. Dazu werden der Druck p des Kühlmittels und der Kühlmittelstrom w des Kühlmittels ermittelt, insbesondere gemessen, aus dem Stellglied-Kennlinienfeld die zu den ermittelten Werten, d. h. Druck und Kühlmittelstrom, korrespondierende Stellung des Stellglieds ermittelt, die aus dem Stellglied-Kennlinienfeld ermittelte Stellung des Stellglieds mit einer gemessenen Stellung des Stellglieds verglichen und das Stellglied-Kennlinienfeld so verändert, dass die aus dem Stellglied-Kennlinienfeld ermittelte Stellung des Stellglieds mit der gemessenen Stellung des Stellglieds übereinstimmt.

[0033] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung wird das Stellglied-Kennlinienfeld, welches in der ersten Form $k = f(w, p)$ gegeben ist, zur Adaptierung des Stellglied-Kennlinienfelds mittels Ansatzfunktionen dargestellt, in der Form $f(w, p) = \sum_j a_j f_j(w, p)$, wobei die Verstärkungsfaktoren a_j geeignet zu den jeweils dazugehörigen Ansatzfunktionen $f_j(w, p)$, gewählt werden.

[0034] Der Prozessrechner kann jetzt die erforderlichen Stellung k des Stellgliedes aus dem Druck p und der Sollwassermenge w_{Soll} gemäß $k_i = f(w_{\text{Soll}}, p)$ direkt bestimmen, ohne vorher das Kennlinienfeld invertieren zu müssen. Besonders vorteilhaft ist bei dieser Vorgehensweise, dass bei der Anpassung der Koeffizienten a_j durch die Adaption nicht überprüft werden muss, ob das Kennlinienfeld noch streng monoton steigend ist. Ein weiterer Vorteil dieser Vorgehensweise ist, dass der Rechenaufwand, der bei der Auflösung einer nichtlinearen Funktion nach einer Variablen entsteht, entfällt.

[0035] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird das Pumpen-Kennlinienfeld adaptiert, indem die Druckdifferenz und der Strom des Kühlmittels ermittelt werden, aus dem Pumpen-Kennlinienfeld die zu den ermittelten Werten korrespondierende Pumpendrehzahl ermittelt wird, die aus dem Pumpen-Kennlinienfeld ermittelte Pumpendrehzahl mit einer gemessenen Pumpendrehzahl verglichen wird und die Pumpen-Kennlinienfeld so verändert wird, dass die aus dem Pumpen-Kennlinienfeld ermittelte Pumpendrehzahl mit der gemessenen Pumpendrehzahl übereinstimmt.

[0036] Es ist vorteilhaft, dass das Pumpen-Kennlinienfeld, welches in einer ersten Form $n = q(w, p_{\text{saug}})$ gegeben ist, zur Adaptierung des Pumpen-Kennlinienfelds mittels Ansatzfunktionen dargestellt wird, in der Form $q(w, p_{\text{saug}}) = \sum_j b_j q_j(w, p_{\text{saug}})$, wobei die Verstärkungsfaktoren b_j geeignet zu den jeweils dazugehörigen Ansatzfunktionen $q_j(w, p_{\text{saug}})$ gewählt werden.

[0037] Der übliche Nachteil einer Steuerung, dass die eingestellten Kühlmittelmengen ungenauer sind als bei einer Regelung, kann durch eine Adaption des Pumpen-Kennlinienfelds mithilfe der Faktoren b_j ausgeglichen werden.

[0038] Es ist auch möglich, das Pumpen-Kennlinienfeld in einer zweiten Form $w = r(n, p_{\text{saug}})$ abzulegen. Dann aber muss das Pumpen-Kennlinienfeld nach n aufgelöst werden, wenn die Solldrehzahl der Pumpe ermittelt werden soll. Das ist insbesondere dann unvorteilhaft, wenn das Pumpen-Kennlinienfeld adaptiert werden soll: Will man das Pumpen-Kennlinienfeld in der Form $w = r(n, p_{\text{saug}})$ adaptieren, ist nicht sichergestellt, dass man eindeutig nach der Pumpendrehzahl auflösen kann. Daher kann in diesem Fall eine Fehlsteuerung nicht ausgeschlossen werden. Entsprechendes gilt, wenn man das Pumpen-Kennlinienfeld in einer dritten Form $\Delta p = p - p_{\text{saug}} = s(n, w)$ darstellt. Auch dann muss das Pumpen-Kennlinienfeld nach n aufgelöst werden, wenn die Solldrehzahl der Pumpe ermittelt werden soll.

[0039] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung umfasst die Steuerungseinrichtung das mindestens eine Stellglied, welches vorzugsweise als ein Ventil oder eine Regelklappe ausgebildet ist. Eine weitere bevorzugte Weiterbildung der Erfindung ist eine Kühlstrecke einer Walzanlage, umfassend eine Steuerungseinrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 13 zur Steuerung der Kühlung eines Werkstoffs in der Kühlstrecke.

[0040] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung umfasst die Kühlstrecke eine Intensivkühlstrecke und/oder eine Laminarkühlstrecke. Die vorliegende Erfindung kann also sowohl für eine Intensivkühlstrecke als auch für eine Laminarkühlstrecke eingesetzt werden. Die Erfindung ist nicht auf eine Intensivkühlung beschränkt. Man kann auch eine Zone einer normalen Laminarkühlstrecke damit steuern, wenn die Stellglieder in dieser Zone kontinuierlich verstellbar sind. Insbesondere kann die Erfindung auch ausgeführt werden, wenn die drehzahlveränderliche Pumpe direkt aus einem Kühlmittelversorgungsnetz mit Kühlmittel versorgt wird, z. B. direkt aus

dem Wasserversorgungsnetz mit Wasser versorgt wird, d. h. ohne einen dazwischen angeordneten und als Puffer fungierenden Hochtank.

[0041] Mit einer Intensivkühlung, einem Abschnitt der Kühlstrecke mit einer besonders hohen Kühlleistung, können hohe Kühlraten realisiert werden. Ein Vorteil der Intensivkühlung, die auch als "Power Cooling"-Verfahren bekannt ist, besteht darin, dass damit höher- und hochfeste Stähle in einem weiten Dickspektrum noch schneller, d. h. mit einer höheren Abkühlrate, gekühlt werden können. Dies ermöglicht die hochgenaue und effiziente Produktion von zusätzlichen Stahlsorten, insbesondere von Stahlsorten mit höheren Festigkeiten als bisher.

[0042] Ein Intensivkühlungsabschnitt kann im vorderen Bereich der Kühlstrecke besonders sinnvoll sein, um das Kornwachstum bei einem Werkstoff-Material zu hemmen, die Phasenumwandlung eines Werkstoffs zu beschleunigen, und dadurch insgesamt die Festigkeit des Werkstoffs zu steigern. In bestimmten Fällen kann eine solche Intensivkühlung aber auch hinter der Vorstraße sinnvoll sein oder an anderen Stellen der Kühlstrecke eingebaut sein. Es können auch Intensivkühlbalken zwischen Gerüsten der Fertigstraße angeordnet sein.

[0043] Beispielsweise kann ein Bandkühlssystem für ein Warmwalzwerk eine Vorband- sowie eine Fertigbandkühlung umfassen, bestehend aus einer Intensiv- und einer Laminarkühlstrecke. Die Vorbandkühlung kann dabei hinter einem Vorgerüst im Bereich des Zwischenrollgangs installiert sein. Sie sorgt für einen Temperaturengleich über die gesamte Länge und Breite des Vorbands, bevor dieses in der Fertigstraße eintrifft. Am Ausgang der Fertigstraße kann eine Intensivkühlstrecke angeordnet sein. Unmittelbar hinter der Intensivkühlung kann eine Laminarkühlstrecke positioniert sein. Üblicherweise werden beide Anlagen gemeinsam betrieben.

[0044] Von besonderer Bedeutung für die Anwendung in der Kühlstrecke ist dabei ein ausreichend großer Einstellbereich der Kühlvorrichtung hin zu niedrigen Wassermengen, um die Intensivkühlung wie eine normale Laminarkühlung verwenden zu können, wenn Materialien produziert werden, bei denen nur geringe Kühlraten angewendet werden dürfen. Da in der Produktion Materialien mit hoher Kühlleistung gemischt mit Standardprodukten produziert werden, die niedrigere Kühlleistungen erfordern, ist der durch die Erfindung mögliche schnelle Wechsel der Kühlleistung sehr vorteilhaft. Die Erfindung umgeht damit die sehr unvorteilhafte Lösung, die bei jedem Wechsel der Kühlwassermenge ein Abschieben großer Rohrleitungen erfordert, wie etwa ein Wechsel von einem Hochdruckbetrieb zu einem Niederdruckbetrieb durch Abschalten von Druckverstärkerpumpen und Aktivieren einer Versorgung aus einem Wassertank für den Niederdruckbetrieb. Solche Lösungen können nur z. B. während eines Walzenwechsels oder einem anderen längeren Stillstand umgeschaltet werden, nicht aber während der laufenden Produktion.

[0045] Ein anderer Vorteil der Erfindung ist der dynamische Wechsel großer Wassermengen beim Einlaufen des Bandes oder wenn das Band die Intensivkühlung wieder verlässt. Ein Band in der Intensivkühlung kann eine Kühlwassermenge im Bereich von 8000 m³/h benötigen. Die Intensivkühlung kann in der Regel nicht bereits vor dem Eintreffen des Bandes in die Kühlstrecke aktiviert werden, weil bei dünneren Bändern die vom Wasser auf das Band wirkende Kräfte zu einem Hochfliegen des Bandes führen können. Bei dickeren Bändern ist andererseits oft ein auf den ersten Bandmetern wärmeres Band erforderlich, damit der Haspel das Band greifen und um den Dorn biegen kann. Das bedeutet, dass insbesondere beim Bandeinlauf und beim Bandauslauf große Wassermengen sehr dynamisch verändert werden müssen. Die vorliegende Erfindung leistet eben diese Dynamik.

[0046] Weiterhin ermöglicht es die vorliegende Erfindung, die bei der Intensivkühlung verwendeten großen Wassermengen genau zu dosieren. Die Genauigkeit der Wassermenge, mit der die Intensivkühlung beaufschlagt wird, ist entscheidend für die Genauigkeit der Haspeltemperatur, die erzielt werden kann. Dies ist insbesondere wichtig, um den Vorteil hoher Kühlraten, die Steigerung der Festigkeit, nicht in den Nachteil einer schlechten Reproduzierbarkeit der Materialeigenschaften umschlagen zu lassen. Durch die mit der Erfindung erzielbare Genauigkeit des Kühlmittelstroms kann eine Verschlechterung der Haspeltemperaturgenauigkeit gegenüber einer Standard-Laminarkühlung vermieden werden, wenn die Intensivkühlung bei niedriger Kühlleistung betrieben wird, um Standardprodukte zu erzeugen. Die Erfindung vermeidet aber auch eine signifikante Verschlechterung der Haspeltemperaturgenauigkeit bei Betrieb mit hohen Kühlleistungen.

[0047] Vorzugsweise stellt die vorliegende Erfindung eine Anwendung eines Steuerungsverfahrens von Kühlmittel-Stellgliedern gemäß einem Kennlinienfeld und vorzugsweise zusätzlich einer Kühlmittel-Pumpe gemäß einem Kennlinienfeld auf eine Kühlstrecke einer Metallbearbeitungsstraße, insbesondere in einem Warmbandwerk, dar. Die Erfindung kann aber insbesondere auch in einer Grobblechstraße angewendet werden, in der dicke Bleche produziert werden und gekühlt werden müssen.

[0048] 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 im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden. Es zeigt

Fig. 1 eine Metallverarbeitungsstraße;

Fig. 2 ein erstes Stellglied-Kennlinienfeld;

Fig. 3 ein zweites Stellglied-Kennlinienfeld;

Fig. 4 ein erstes Pumpen-Kennlinienfeld;

Fig. 5 ein zweites Pumpen-Kennlinienfeld; und

5 Fig. 6 ein Schema einer Steuerung eines Kühlmittelstroms.

[0049] Fig. 1 zeigt eine Metallbearbeitungsstraße 1, die hier als eine Kühlstraße 2, auch als Kühlstrecke bezeichnet, ausgebildet ist. Die Kühlstraße 2 ist einer Fertigungsstraße nachgeschaltet, deren letztes Walzgerüst bei 3 angedeutet ist. Ein Werkstoff 4, der hier als ein zu bearbeitendes Metall 4 in Bandform ausgebildet ist, durchläuft zunächst die Fertigungsstraße und danach die Kühlstrecke 2, woraufhin es zum Abtransport oder zur Zwischenspeicherung bis zu einer weiteren Bearbeitung auf einer Haspel 5, die der Kühlstrecke 2 nachgeschaltet ist, aufgewickelt wird.

[0050] Die Metallbearbeitungsstraße 1 kann z. B. in einem Warmbandwerk eines Stahlwerks angeordnet sein.

[0051] Die Kühlstrecke 2 umfasst Stellglieder 6, mit denen ein definierter Kühlmittelstrom auf den Werkstoff 4 abgegeben werden kann, einen Kühlmittelzulauf 13, durch welchen Kühlmittel von einem Kühlmittelreservoir, z. B. einem Wasserversorgungsnetz oder einem Hochtank, zu den Stellgliedern 6 zugeführt werden kann, und eine in den Kühlmittelzulauf 13 geschaltete Kühlmittelpumpe 20, mit welcher der Druck des Kühlmittels an einer Ausgangsseite 20a der Pumpe 20 gegenüber einem Druck des Kühlmittels an einer Eingangsseite 20e der Pumpe 20 verändert werden kann. In diesem Fall umfassen die Stellglieder 6 Klappen und Ventile, mit denen als Kühlmittel dienendes Wasser über Kühlbalken 14 auf das bandförmige Metall 4 aufbringbar, z. B. aufspritzbar, ist, um es abzukühlen.

[0052] Obwohl in Fig. 1 nur einige Stellglieder 6 dargestellt sind, kann die Kühlstrecke 2 jedoch eine große Vielzahl solcher Stellglieder 6 umfassen. Dabei können alle Stellglieder über dieselbe Pumpe mit Kühlmittel versorgt werden. Es ist auch möglich, dass zwei oder mehr Pumpen vorhanden sind, die jeweils ein oder mehrere Stellglieder mit Kühlmittel versorgen.

[0053] Die Kühlstrecke 2 umfasst ferner eine Steuerungseinrichtung 7, die in Fig. 1 schematisch angedeutet ist. Die Steuerungseinrichtung 7 umfasst eine Recheneinheit 8, eine Speichereinheit 12, eine Eingabevorrichtung 9 zur Eingabe von Daten in die Recheneinheit 8 sowie eine Anzeigevorrichtung 10 zur Anzeige von Daten. Die Recheneinheit 8 steuert über Steuerleitungen 15 die Stellglieder 6, z. B. Ventile, Düsen oder Klappen, gemäß einem Stellglied-Kennlinienfeld 11w. Außerdem steuert die Recheneinheit 8 über Steuerleitungen 15 die Kühlmittelpumpe 20 gemäß einem Pumpen-Kennlinienfeld 11n.

[0054] Um die Temperatur des Werkstoffs 4 gezielt senken zu können, werden die Stellglieder 6 einzeln angesteuert und somit die Durchflüsse der Kühlbalken 14

separat geregelt. Ein Hochtank speist über den Kühlmit-
telzulauf 13 die Kühlbalken 14 mit Kühlmittel, insbeson-
dere mit Wasser. Bei besonders hohen Kühlraten kann
die Pumpe 20 zugeschaltet werden. Auf diese Weise
lässt sich die Kühlung an die jeweilig produzierten Werk-
stoff, z. B. die Stahlsorte, anpassen.

[0055] Es ist möglich, dass die Steuerungseinrichtung
7 in einem manuellen Betriebsmodus zumindest teilwei-
se über die Eingabevorrichtung 9 von einem Bediener
verändert werden kann, so dass z. B. die Stellglieder 6
in Gruppen oder separat angesteuert werden können.
Die manuelle Ansteuerbarkeit muss nicht permanent vor-
gesehen sein, es ist genauso gut denkbar, dass zwisch-
en einem automatischen Betriebsmodus und einem
manuellen Betriebsmodus umgeschaltet werden kann.

[0056] Weiterhin erhält die Recheneinheit 8 weitere In-
formationen über den Zustand der Kühlstrecke 2 bezie-
hungsweise des Metalls 4. Neben Messwerten über den
Druck des Kühlmittels an unterschiedlichen Stellen des
Kühlmittelzulauf 13 werden der Recheneinheit 8 Primär-
daten des Metalls 4, die das Metall 4 beziehungsweise
dessen Zustand beim Einlaufen in die Kühlstrecke 2 be-
schreiben, z. B. die chemische Zusammensetzung des
Metalls, die Geschwindigkeit v und die Temperatur T des
Metalls, zugeführt.

[0057] In der Speichereinheit 12 sind ein oder mehrere
Stellglied-Kennlinienfelder 11w und ein oder mehrere
Pumpen-Kennlinienfelder 11n gespeichert. Je nach Typ
des Stellglieds oder der Pumpe wird eines der gespei-
cherten Kennlinienfelder dem jeweiligen Bauteil zuge-
ordnet. Vorzugsweise wird zwei oder mehr Stellgliedern
bzw. Pumpen gleichen Typs dasselbe Kennlinienfeld zu-
geordnet; dadurch wird eine schnellere Konvergenz im
Kühlsystem erreicht und die Steuerung der Kühlung kann
schneller erfolgen. Es ist aber auch möglich, dass jedem
Stellglied 6 und jeder Pumpe 20 ein eigenes Kennlinien-
feld 11w bzw. 11n zugeordnet ist.

[0058] Fig. 2 zeigt eine zeichnerische Darstellung ei-
nes ersten Stellglied-Kennlinienfeldes 11k, das die Ab-
hängigkeit des Kühlmittel-Drucks p und des Kühlmittel-
stroms w durch ein Stellglied 6 voneinander mit der Stel-
lung k_i des Stellglieds 6 als Parameter beschreibt: $k = f$
(w, p). Der Kühlmittel-Druck p steigt entlang der p -Achse
(= y -Achse), beginnend bei $p = 0$, an. Der Kühlmittel-
Strom w vergrößert sich entlang der w -Achse (= x -Ach-
se). Die Parameter-Kurven k_i definieren die gegenseitige
Abhängigkeit zwischen dem Kühlmittel-Druck p und dem
Kühlmittel-Strom w für unterschiedliche Stellungen k_i des
Stellglieds 6; bei $k = 10\%$ beträgt der Öffnungsgrad des
Stellglieds 10 Prozent, bei $k = 90\%$ beträgt der Öffnungs-
grad des Stellglieds 90 Prozent. Das Stellglied-Kennlini-
enfeld 11k kann in einer Speichereinheit einer Steue-
rungseinrichtung gespeichert sein.

[0059] Das Stellglied-Kennlinienfeld 11k in der ersten
Kennlinien-Form $k = f(w, p)$ hat den Vorteil, dass eine
direkte Ermittlung der Stellglied-Stellung k_i aus einem
Soll-Kühlmittelstrom $w_{i, \text{Soll}}$ möglich ist: Ein Prozessrech-
ner der Steuerungseinrichtung erfasst zu jedem Stell-

glied den Istdruck p_i , setzt diesen in das dem jeweiligen
Stellglied zugeordnete Stellglied-Kennlinienfeld 11k ein
und ermittelt auf Basis des Stellglied-Kennlinienfelds 11k
zu jedem Soll-Kühlmittelstrom w_i , soll eine korrespondie-
rende Soll-Stellgliedstellung k_i eines Stellglieds. Danach
steuert der Prozessrechner die Stellglieder entspre-
chend an. Dazu sendet eine Signaleinheit einer Steue-
rungseinrichtung ein Signal zur Einstellung des minde-
stens einen Stellglieds in die ermittelte Stellung k_i an eine
Stelleinheit, die zur Einstellung des Stellglieds dient.

[0060] Fig. 3 zeigt eine zeichnerische Darstellung ei-
nes weiteren, zweiten Stellglied-Kennlinienfeldes 11w,
das die Abhängigkeit der Stellung k eines Stellglieds 6
und des Kühlmittel-Drucks p voneinander mit dem Kühl-
mittelstrom w als Parameter beschreibt: $w = g(k, p)$. Der
Kühlmittel-Druck p steigt entlang der p -Achse (= y -Ach-
se), beginnend bei $p = 0$, an. Die Stellung k_i des Stell-
glieds 6 vergrößert sich entlang der k -Achse (= x -Achse);
bei $k = 0$ beträgt der Öffnungsgrad des Stellglieds 0 Pro-
zent, bei $k = 100$ beträgt der Öffnungsgrad des Stellglieds
100 Prozent. Die Parameter-Kurven w definieren die ge-
genseitige Abhängigkeit zwischen dem Kühlmittel-Druck
 p und der Stellung k_i eines Stellglieds für unterschiedliche
Kühlmittelflüsse w .

[0061] Das zweite Stellglied-Kennlinienfeld 11w dient
zur Ermittlung einer Stellung k_i eines Stellglieds 6, bei
welcher sich unter einem vorgegebenen Kühlmitteldruck
 p_i ein gewünschter Kühlmittelfluss, der Soll-Kühlmittel-
strom w_i , soll, ergibt. Bezogen auf die in Fig. 1 darge-
stellte Kühlstrecke 2 wird dazu wie folgt vorgegangen:
zunächst wird der Druck p_i des Kühlmittels, in Flussrich-
tung des Kühlmittels gesehen zwischen der Kühlmittel-
pumpe 20 und dem Stellglied 6, ermittelt. Diese Ermitt-
lung kann durch eine Druckmessung oder eine Schät-
zung erfolgen. Aus dem dem Stellglied 6 zugeordneten
Stellglied-Kennlinienfeld 11w wird daraufhin die zu dem
ermittelten Druckwert p_i und dem Soll-Kühlmittelstrom
 $w_{i, \text{Soll}}$ korrespondierende Stellung k_i des Stellglieds 6 er-
mittelt. Schließlich wird das betreffende Stellglied 6 in die
ermittelte Stellung k_i eingestellt.

[0062] Falls zwischen dem tatsächlichen Kühlmittel-
strom, der z. B. durch eine Durchfluss-Messung des
Kühlmittelstroms ermittelt wird, und dem gemäß dem
Stellglied-Kennlinienfeld 11w erwarteten Kühlmittel-
strom w_i , soll eine Differenz auftritt, die über einem zu-
lässigen Toleranzwert liegt, wird vorzugsweise eine Ad-
aption des Stellglied-Kennlinienfelds 11w an die tatsäch-
lichen Verhältnisse durchgeführt. Dazu wird das Stell-
glied-Kennlinienfeld 11w, welches in der Form $w = g(k,$
 $p)$ gegeben ist, wobei w den Kühlmittelstrom, p den Druck
des Kühlmittels und k die Stellung des Stellglieds be-
zeichnet, mittels Ansatzfunktionen $g_j(k, p)$ dargestellt, in
der Form $g(k, p) = \sum_j c_j f_j(k, p)$. Die Verstärkungsfaktoren
 c_j werden geeignet zu den jeweils dazugehörigen An-
satzfunktionen $g_j(k, p)$ gewählt, indem der Druck p des
Kühlmittels ermittelt, insbesondere gemessen, wird, die
Stellung k des Stellglieds 6 ermittelt wird, daraus mithilfe
der Ansatzfunktionen Zahlenwerte (= Volumenströme)

$d_j = g_j(k, p)$ ermittelt werden, und unter Verwendung der Zahlenwerte d_j Änderungen Δc_j der Verstärkungsfaktoren c_j so gewählt werden, dass der ermittelte Kühlmittelstrom w an den Soll-Kühlmittelstrom w_{soll} angenähert wird und die Änderungen Δc_j der Verstärkungsfaktoren c_j minimiert werden.

[0063] Fig. 4 zeigt eine zeichnerische Darstellung eines Pumpen-Kennlinienfeldes 12n, das die Abhängigkeit der Druckdifferenz Δp der Kühlmitteldrücke vor und nach der Kühlmittelpumpe 20 und des Kühlmittelflusses w voneinander mit der Drehzahl n der Kühlmittelpumpe 20 als Parameter beschreibt: $n = q(w, \Delta p)$. Die Druckdifferenz Δp steigt entlang der Δp -Achse (= y-Achse), beginnend bei $\Delta p = 0$, an. Der Kühlmittelfluss w vergrößert sich entlang der w -Achse (= x-Achse). Die Parameter-Kurven n definieren die gegenseitige Abhängigkeit zwischen der Kühlmittel-Druckdifferenz Δp und dem Kühlmittelfluss w für unterschiedliche Drehzahlen n der Kühlmittelpumpe 20.

[0064] Das Pumpen-Kennlinienfeld 12n dient zur Ermittlung einer Drehzahl n_i , bei welcher sich unter einer vorgegebenen Kühlmittel-Druckdifferenz Δp ein gewünschter Kühlmittelfluss, der Soll-Kühlmittelstrom $w_{i, \text{soll}}$, ergibt. Bezogen auf die in Fig. 1 dargestellte Kühlstrecke 2 wird dazu wie folgt vorgegangen: zunächst wird der Saugdruck p_{saug} des Kühlmittels, d. h. der Kühlmitteldruck an der Eingangsseite 20e der Pumpe 20, ermittelt, und daraus die Soll-Druckdifferenz Δp_{soll} berechnet. Anschließend wird aus dem Pumpen-Kennlinienfeld 12n zu der berechneten Soll-Druckdifferenz Δp_{soll} und zu einem Soll-Kühlmittelstrom $w_{i, \text{soll}}$ die Pumpen-Drehzahl n_i ermittelt. Schließlich wird die Drehzahl der Pumpe 20 auf den ermittelten Wert n_i eingestellt.

[0065] Falls zwischen dem tatsächlichen Kühlmittelstrom, der z. B. durch eine Durchfluss-Messung des Kühlmittelstroms ermittelt wird, und dem gemäß dem Pumpen-Kennlinienfeld 12n erwarteten Kühlmittelstrom $w_{i, \text{soll}}$ eine Differenz auftritt, die über einem zulässigen Toleranzwert liegt, wird vorzugsweise eine Adaption des Pumpen-Kennlinienfeldes 12n an die tatsächlichen Verhältnisse durchgeführt.

[0066] Dazu wird das Pumpen-Kennlinienfeld 12n, welches in der Form $n = q(w, p - p_{\text{saug}})$ gegeben ist, wobei n die Pumpendrehzahl, p den Ausgangsdruck an der Ausgangsseite 20a der Pumpe 20, p_{saug} den Saugdruck an der Eingangsseite 20e der Pumpe 20, und w den Kühlmittelstrom bezeichnet, mittels Ansatzfunktionen dargestellt, in der Form $q(w, p - p_{\text{saug}}) = \sum_j b_j q_j(w, p - p_{\text{saug}})$. Die Verstärkungsfaktoren b_j werden geeignet zu den jeweils dazugehörigen Ansatzfunktionen $q_j(w, p - p_{\text{saug}})$ gewählt, indem der Ausgangsdruck p des Kühlmittels an der Ausgangsseite 20a der Pumpe ermittelt, insbesondere gemessen, wird. Daraus wird mit dem bereits bekannten Saugdruck p_{saug} des Kühlmittels, d. h. dem Kühlmitteldruck an der Eingangsseite 20e der Pumpe 20, die Druckdifferenz Δp des Kühlmittels ermittelt. Außerdem wird der Kühlmittelstrom w_i ermittelt, vorzugsweise gemessen. Daraus werden mithilfe der Ansatzfunktionen

Zahlenwerte (= Drehzahlen) $e_j = q_j(w, p - p_{\text{saug}})$ ermittelt und unter Verwendung der Zahlenwerte e_j Änderungen Δb_j der Verstärkungsfaktoren b_j so gewählt, dass die gemäß dem Pumpen-Kennlinienfeld 12n erwartete Pumpendrehzahl an die tatsächliche Pumpendrehzahl angenähert wird und die Änderungen Δb_j der Verstärkungsfaktoren b_j minimiert werden.

[0067] Fig. 5 zeigt eine zeichnerische Darstellung eines weiteren, zweiten Pumpen-Kennlinienfeldes 12w, das die Abhängigkeit der Druckdifferenz Δp der Kühlmitteldrücke vor und nach der Kühlmittelpumpe 20 und der Pumpendrehzahl n voneinander mit dem Kühlmittelfluss w als Parameter beschreibt: $w = r(n, \Delta p)$. Die Druckdifferenz Δp steigt entlang der Δp -Achse (= y-Achse), beginnend bei $\Delta p = 0$, an. Die Pumpendrehzahl n vergrößert sich entlang der n -Achse (= x-Achse). Die Parameter-Kurven w definieren die gegenseitige Abhängigkeit zwischen der Kühlmittel-Druckdifferenz Δp und der Drehzahl n für unterschiedliche Volumenströme w des Kühlmittels.

[0068] Fig. 6 zeigt eine schematische Darstellung der Steuerung des Kühlmittelflusses auf einen abzukühlenden Werkstoff 4. In einem Kühlmittelzulauf 13, z. B. in Form einer Rohrleitung, sind in Fließrichtung des Kühlmittels eine Pumpe 20 und nachfolgend ein Ventil 6 angeordnet. In Fließrichtung des Kühlmittels gesehen vor der Pumpe 20, d. h. an der Eingangsseite 20e der Pumpe 20, hat das Kühlmittel einen Druck, der als Saugdruck p_{saug} bezeichnet wird. In Fließrichtung des Kühlmittels gesehen nach der Pumpe 20, d. h. an der Ausgangsseite 20a der Pumpe 20, weist das Kühlmittel einen einfach als p bezeichneten Druck auf, der sich über die durch die Pumpe 20 generierte Druckänderung aus dem Saugdruck p_{saug} ergibt. Der Betrieb der Pumpe 20, insbesondere ihre Drehzahl n , wird mithilfe des Pumpen-Kennlinienfeldes 12n gesteuert. Der Durchflussgrad des Ventils 6, das in Fließrichtung des Kühlmittels gesehen nach der Pumpe 20 angeordnet ist, wird mithilfe des Stellglied-Kennlinienfeldes 11k gesteuert. Der Kühlmittelfluss w_i des Kühlmittels auf den Werkstoff 4 kann somit durch die Pumpe 20 und das Ventil 6 genau gesteuert werden.

[0069] Falls zwischen der Pumpe 20 und dem Ventil 6 weder Quellen noch Senken für das Kühlmittel existieren, so wie in Fig. 6 gezeigt, so entspricht der Kühlmittelstrom w_i , der durch die Pumpe 20 gefördert wird, demjenigen, der durch das Ventil 6 fließt, d. h. $w_{i, \text{ventil}} = w_{i, \text{pumpe}}$. Daher können, vorzugsweise falls der Kühlmittelstrom w_i nicht ermittelt, insbesondere gemessen, werden kann, das Stellglied-Kennlinienfeld 11k und das Pumpen-Kennlinienfeld 12n gegenseitig so angepasst werden, dass sie konsistente Ergebnisse liefern.

[0070] Außerdem kann, vorzugsweise falls der Kühlmittelstrom w_i nicht ermittelt, insbesondere gemessen, werden kann, eine Adaption bezüglich der Temperatur des abzukühlenden Werkstoffs, z. B. eines Metallteils, erfolgen. Dadurch kann ein Fehler des Kühlmittelstroms w_i kompensiert bzw. eliminiert werden. Wenn das Temperaturmodell hinreichend bekannt ist, kann von einem bestimmten Kühlmittelstrom w_i auf eine Abkühlung um

eine bestimmte Temperaturdifferenz geschlossen werden.

[0071] Obwohl die Erfindung im Detail durch die bevorzugten Ausführungsbeispiele näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzbereich der Erfindung zu verlassen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung einer Kühlung eines Werkstoffs (4) mit einem Kühlmittel, wobei eine Zufuhr (13) des Kühlmittels zu dem Werkstoff (4) durch mindestens ein Stellglied (6) gesteuert wird, welches in zwei oder mehr unterschiedliche Stellungen (k) einstellbar ist, wobei dem Stellglied (6) ein Stellglied-Kennlinienfeld (11k, 11w) zugeordnet wird, welches eine Beziehung zwischen einem Kühlmittelstrom (w), einem Druck (p) des Kühlmittels und einer Stellung (k) des Stellglieds (6) angibt, und wobei ein Kühlmittelstrom (w_i) eingestellt wird, indem der Druck (p_i) des Kühlmittels in Flussrichtung des Kühlmittels gesehen vor dem mindestens einen Stellglied (6) ermittelt wird, aus dem Stellglied-Kennlinienfeld (11w) die zu dem ermittelten Druckwert (p_i) und einem Soll-Kühlmittelstrom ($w_{i, \text{soll}}$) korrespondierende Stellung (k_i) ermittelt wird, und das Stellglied (6) in die ermittelte Stellung (k_i) eingestellt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mindestens eine Stellglied (6), welches stufenlos in die zwei oder mehr unterschiedliche Stellungen (k) einstellbar ist, kontinuierlich in die ermittelte Stellung (k_i) eingestellt wird.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens einer Kühlmittelpumpe (20), die in Flussrichtung des Kühlmittels gesehen vor dem mindestens einen Stellglied (6) angeordnet ist, ein Pumpen-Kennlinienfeld (12n, 12w) zugeordnet wird, welches eine Beziehung zwischen einer Drehzahl (n) der Pumpe (20), einer Druckdifferenz (Δp) des Kühlmittels, die zwischen einem Saugdruck (p_{saug}) an einer Eingangsseite (20e) der Pumpe (20) und einem Ausgangsdruck (p) an einer Ausgangsseite (20a) der Pumpe (20) herrscht, und einem Kühlmittelstrom (w) angibt, und wobei ein Kühlmittelstrom (w_i) eingestellt wird, indem die Druckdifferenz (Δp) ermittelt wird, aus dem Pumpen-Kennlinienfeld (11n) die zu der ermittelten Druckdifferenz (Δp) und einem Soll-Kühlmittelstrom ($w_{i, \text{soll}}$) korrespondierende Drehzahl (n_i) ermittelt wird, und die Pumpe (20) auf die ermittelte Drehzahl (n_i) eingestellt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stellung (k_i) des mindestens einen Stellglieds (6) und die Drehzahl (n_i) zum Betreiben der mindestens einen Kühlmittelpumpe (20) in einem Schritt als ein gemeinsamer Sollwertsatz ermittelt wird, wobei der Druck (p_i) des Kühlmittels vor dem mindestens einen Stellglied (6) identisch zu dem Ausgangsdruck (p) an der Ausgangsseite (20a) der Pumpe (20) ist.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 und 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Saugdruck (p_{saug}) an der Eingangsseite (20e) der Pumpe (20) gemessen oder geschätzt wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stellglied-Kennlinienfeld (11k) adaptiert wird, indem der Druck (p_i) des Kühlmittels ermittelt, insbesondere gemessen, wird, der Kühlmittelstrom (w_i) des Kühlmittels ermittelt, insbesondere gemessen, wird, aus dem Stellglied-Kennlinienfeld (11k) die zu den ermittelten Werten (w_i, p_i) korrespondierende Stellung des Stellglieds (6) ermittelt wird, die aus dem Stellglied-Kennlinienfeld (11k) ermittelte Stellung des Stellglieds (6) mit einer gemessenen Stellung des Stellglieds (6) verglichen wird und das Stellglied-Kennlinienfeld (11k) so verändert wird, dass die aus dem Stellglied-Kennlinienfeld (11k) ermittelte Stellung des Stellglieds (6) mit der gemessenen Stellung des Stellglieds (6) übereinstimmt.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stellglied-Kennlinienfeld (11k), welches in der Form $k = f(w, p)$ gegeben ist, wobei w den Kühlmittelstrom, p den Druck des Kühlmittels und k die Stellung des Stellglieds bezeichnet, zur Adaptierung des Stellglied-Kennlinienfelds (11k) mittels Ansatzfunktionen $f_j(w, p)$ dargestellt wird, in der Form $f(w, p) = \sum_j a_j f_j(w, p)$, wobei die Verstärkungsfaktoren a_j geeignet zu den jeweils dazugehörigen Ansatzfunktionen $f_j(w, p)$ gewählt werden.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Pumpen-Kennlinienfeld (12n) adaptiert wird, indem die Druckdifferenz (Δp) und der Strom (w_i) des Kühlmittels ermittelt werden, aus dem Pumpen-Kennlinienfeld (12n) die zu den ermittelten Werten ($\Delta p, w_i$) korrespondierende Pumpendrehzahl (n) ermittelt wird, die aus dem Pumpen-Kennlinienfeld (12n) ermittelte Pumpendrehzahl mit einer gemessenen Pumpendrehzahl verglichen wird und das Pumpen-Kennlinienfeld (12n) so verändert wird, dass die aus dem Pumpen-Kennlinienfeld (12n) ermittelte Pumpendrehzahl mit der gemessenen Pumpendrehzahl

übereinstimmt.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Pumpen-Kennlinienfeld (12n), welches in der Form $n = q(w, p - p_{\text{saug}})$ gegeben ist, wobei n die Pumpendrehzahl, p den Ausgangsdruck an der Ausgangsseite (20a) der Pumpe (20), p_{saug} den Saugdruck an der Eingangsseite (20e) der Pumpe (20), und w den Kühlmittelstrom bezeichnet, zur Adaptierung des Pumpen-Kennlinienfelds (12n) mittels Ansatzfunktionen dargestellt wird, in der Form $q(p - p_{\text{saug}}, w) = \sum_j b_j q_j(w, p - p_{\text{saug}})$, wobei die Verstärkungsfaktoren b_j geeignet zu den jeweils dazugehörigen Ansatzfunktionen $q_j(w, p - p_{\text{saug}})$ gewählt werden.

10. Computerprogrammprodukt zur Steuerung der Kühlung eines Werkstoffs (4) mit einem Kühlmittel, wobei eine Zufuhr des Kühlmittels zu dem Werkstoff (4) durch mindestens ein Stellglied (6) gesteuert wird, welches in zwei oder mehr unterschiedliche Stellungen (k) einstellbar ist, wobei dem Stellglied (6) ein Stellglied-Kennlinienfeld (11k, 11w) zugeordnet ist, welches eine Beziehung zwischen einem Kühlmittelstrom (w), einem Druck (p) des Kühlmittels und einer Stellung (k) des Stellglieds (6) angibt, wobei das Computerprogrammprodukt, wenn es durch eine Recheneinheit (8) ausgeführt wird, folgende Verfahrensschritte durchführt:

Ermitteln einer zu einem Druckwert (p_i) des Kühlmittels, der in Flussrichtung des Kühlmittels gesehen vor dem mindestens einen Stellglied (6) ermittelt wurde, und einem Soll-Kühlmittelstrom (w_i) korrespondierenden Stellung (k_i) aus dem Stellglied-Kennlinienfeld (11k, 11w); und Erzeugen eines Signals, das an einer dem Stellglied (6) zugeordneten Stelleinheit eine Einstellung des Stellglieds (6) in die ermittelte Stellung (k_i) auslöst.

11. Steuerungseinrichtung (7) zur Steuerung einer Kühlung eines Werkstoffs (4) mit einem Kühlmittel, umfassend eine Speichereinheit (12), welche zur Speicherung eines Stellglied-Kennlinienfelds (11k, 11w) ausgebildet ist, das eine Beziehung zwischen einem Kühlmittelstrom (w_i), einem Druck (p) des Kühlmittels und einer Stellung (k_i) mindestens eines dem Stellglied-Kennlinienfeld (w) zugeordneten Stellglieds (6) zur Steuerung der Zufuhr des Kühlmittels zu dem Werkstoff (4) angibt, eine Prozessoreinheit (8), welche dazu ausgebildet ist, aus dem gespeicherten Stellglied-Kennlinienfeld (11k, 11w) die zu einem ermittelten Druckwert (p_i) des Kühlmittels und einem Soll-Kühlmittelstrom (w_i) korrespondierende Stellung (k_i) des mindestens einen Stellglieds (6) zu ermitteln, und eine Signaleinheit (22), welche dazu ausgebildet ist,

ein Signal zur Einstellung des mindestens einen Stellglieds (6) in die ermittelte Stellung (k_i) an eine Stelleinheit zu senden.

12. Steuerungseinrichtung (7) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuerungseinrichtung (7) das mindestens eine Stellglied (6) umfasst, welches vorzugsweise als ein Ventil oder eine Regelklappe ausgebildet ist.
13. Steuerungseinrichtung (7) nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mindestens eine Stellglied (6) kontinuierlich verstellbar ist.
14. Kühlstrecke (2) einer Metallbearbeitungsstraße (1), insbesondere einer Walzanlage, umfassend eine Steuerungseinrichtung (7) nach einem der Ansprüche 11 bis 13 zur Steuerung der Kühlung eines Werkstoffs (4) in der Kühlstrecke (2).
15. Kühlstrecke (2) nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlstrecke (2) eine Intensivkühlstrecke und/oder eine Laminarkühlstrecke umfasst.

FIG 1

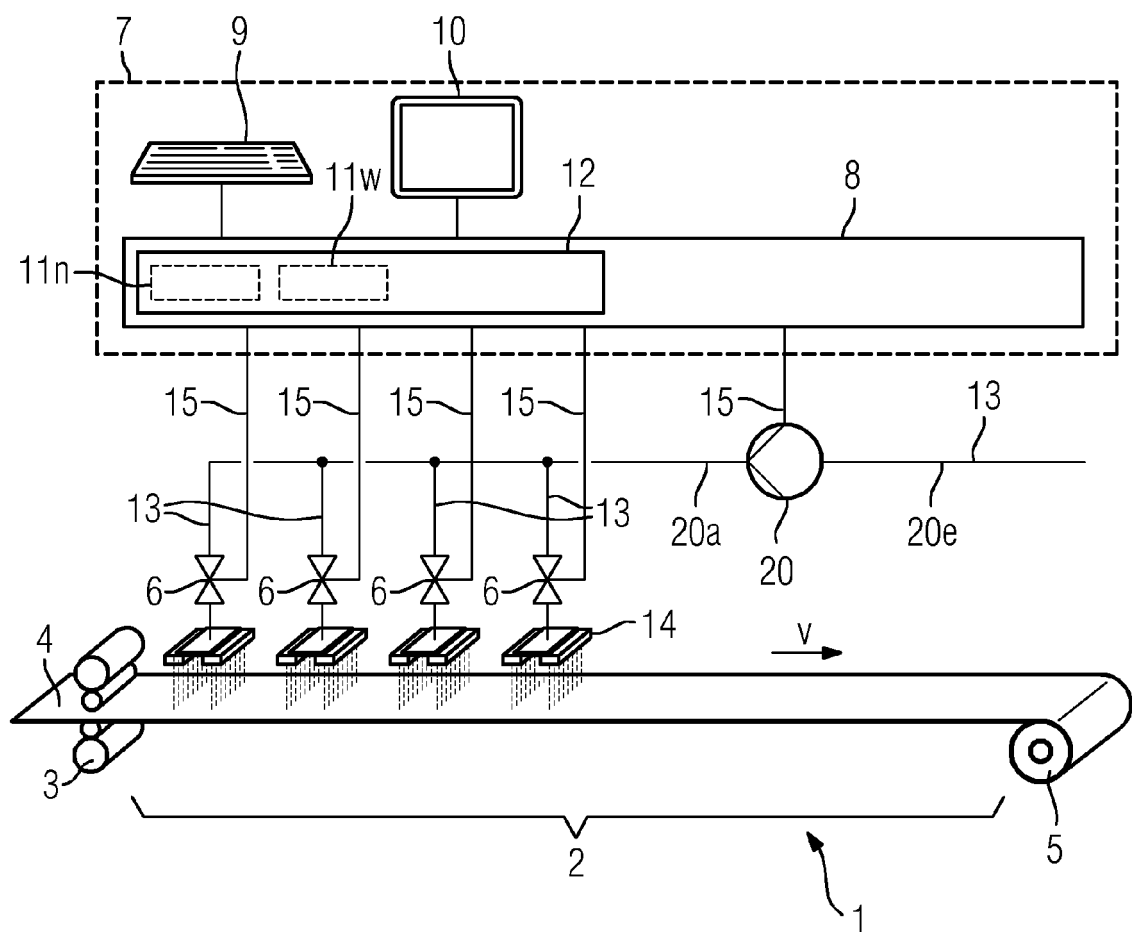


FIG 2

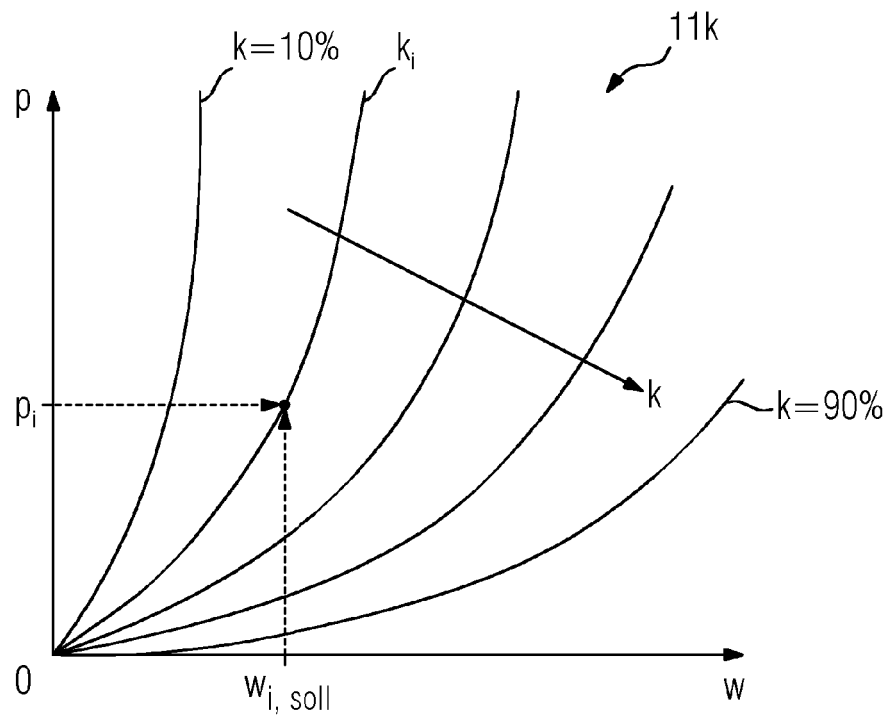


FIG 3

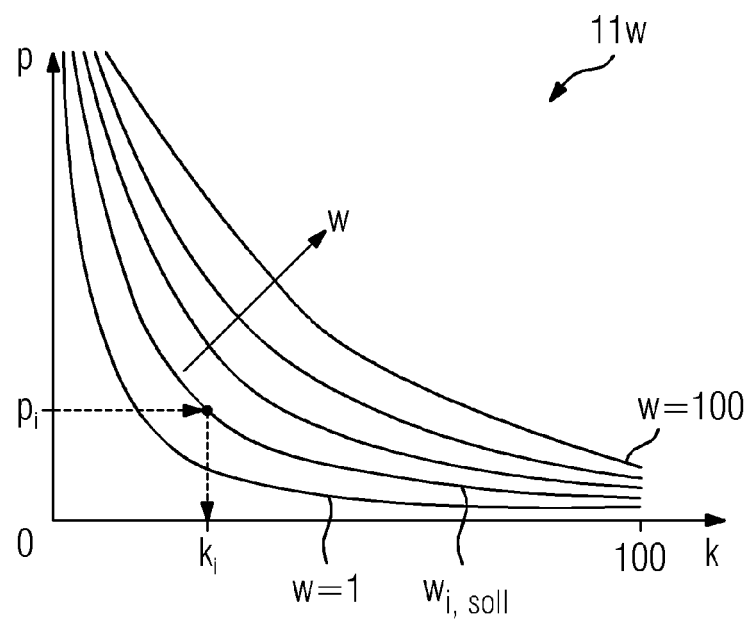


FIG 4

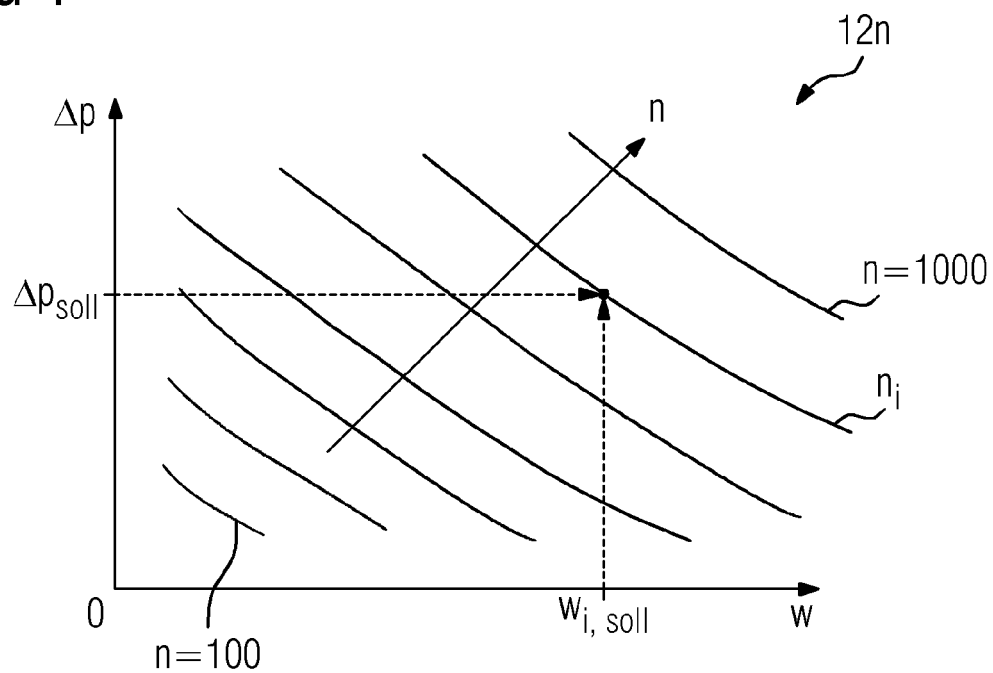


FIG 5

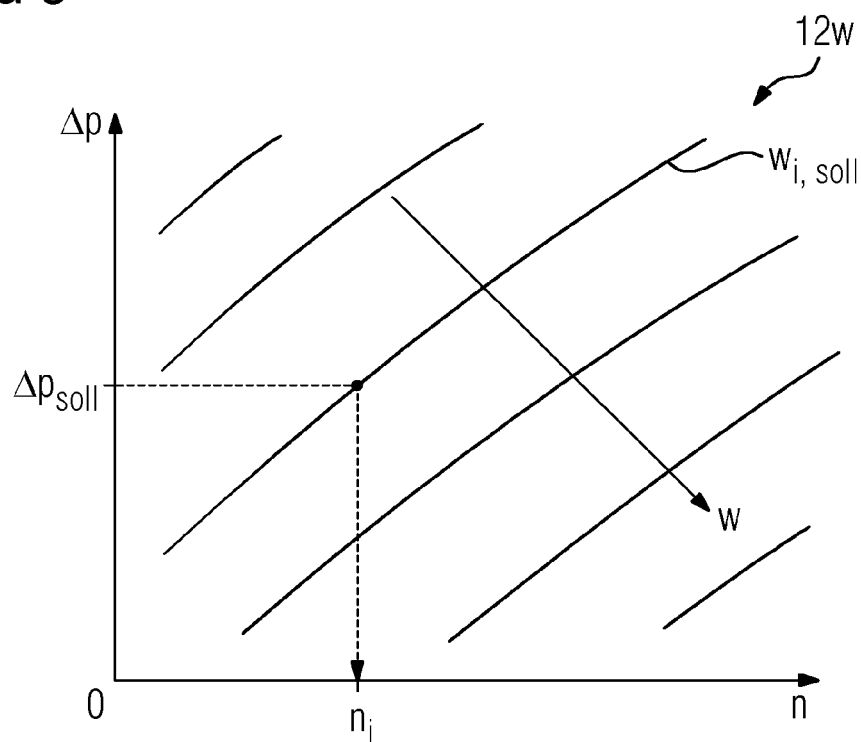
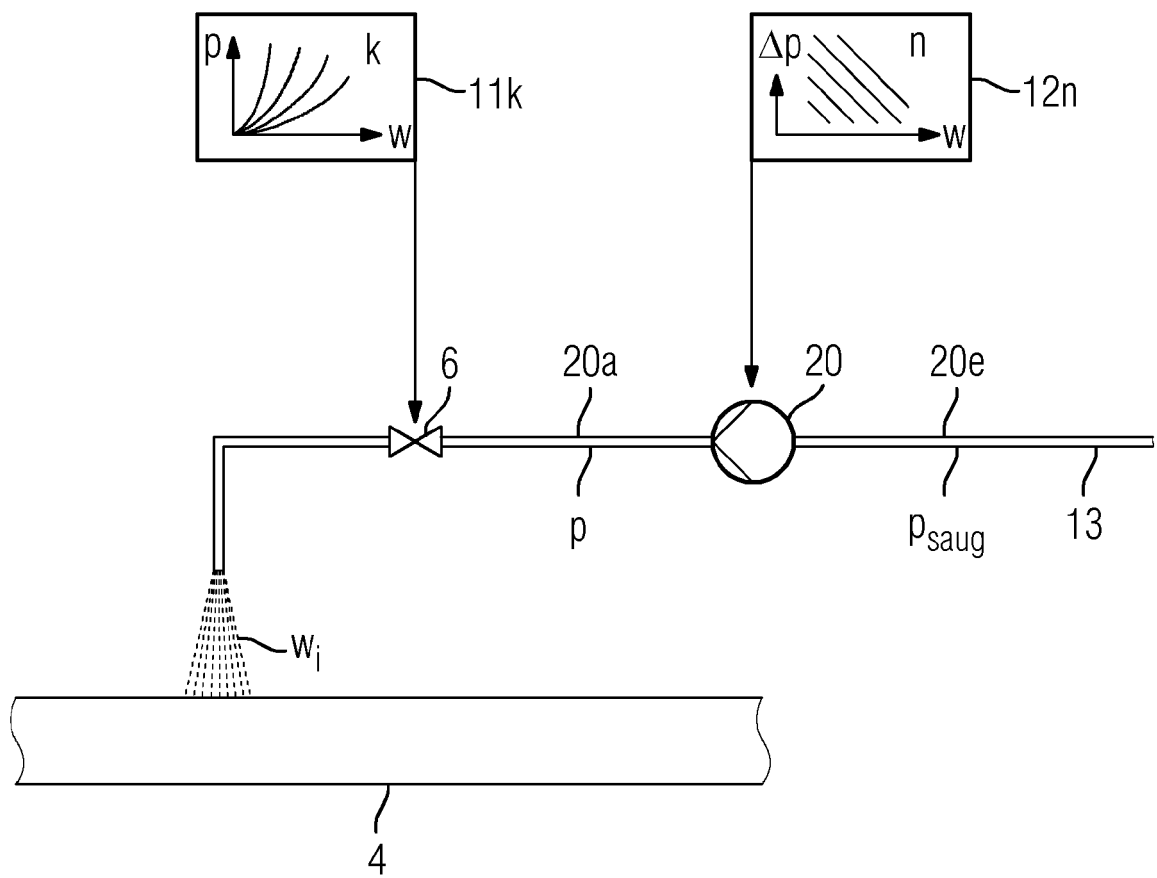


FIG 6





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 12 16 1804

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 10 2007 046279 A1 (SIEMENS AG [DE]; THYSSENKRUPP STEEL AG [DE]) 9. April 2009 (2009-04-09) * Absatz [0062] - Absatz [0072] *	1,2	INV. C21D11/00 C21D9/573 B21B37/76
X	JP 2007 203362 A (SUMITOMO METAL IND) 16. August 2007 (2007-08-16) * Zusammenfassung * * Absatz [0010] - Absatz [0014] * * Absatz [0019] - Absatz [0020] * * Absatz [0030] - Absatz [0035] *	1	
E	KR 2012 0060078 A (POSCO) 11. Juni 2012 (2012-06-11) * Zusammenfassung * * Seite 4 - Seite 5; Abbildung 4 *	1,2	
A	EP 2 108 465 A1 (SIEMENS VAI METALS TECH LTD [GB]) 14. Oktober 2009 (2009-10-14) * Absatz [0025] - Absatz [0029] *	1-4, 11-15	
A	JP 4 167916 A (SUMITOMO METAL IND) 16. Juni 1992 (1992-06-16) * Zusammenfassung; Abbildung 1 *	3,4	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A	JP 7 112254 A (NIPPON STEEL CORP) 2. Mai 1995 (1995-05-02) * Zusammenfassung; Abbildung 1 *	1,2	C21D B21B
A	US 3 589 160 A (GRUVER LUTHER E ET AL) 29. Juni 1971 (1971-06-29) * Spalte 9, Zeile 65 - Spalte 10, Zeile 12; Abbildungen 2,4 * * Spalte 10, Zeile 41 - Spalte 11, Zeile 44 *	1,2	
		-/--	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 4. Oktober 2012	Prüfer Lilimpakis, Emmanuel
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	

EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 12 16 1804

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	EP 1 046 436 A2 (SCHLOEMANN SIEMAG AG [DE] SMS DEMAG AG [DE]) 25. Oktober 2000 (2000-10-25) * Absatz [0023] - Absatz [0024]; Abbildung 1 * * Spalte 4, Zeile 3 - Zeile 7 * -----	1,3	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 4. Oktober 2012	Prüfer Lilimpakis, Emmanuel
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		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	
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			

 1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 12 16 1804

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.

04-10-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102007046279 A1	09-04-2009	CN 101952059 A	19-01-2011
		DE 102007046279 A1	09-04-2009
		EP 2203263 A1	07-07-2010
		RU 2010116413 A	10-11-2011
		US 2010312399 A1	09-12-2010
		WO 2009043668 A1	09-04-2009

JP 2007203362 A	16-08-2007	JP 4715534 B2	06-07-2011
		JP 2007203362 A	16-08-2007

KR 20120060078 A	11-06-2012	KEINE	

EP 2108465 A1	14-10-2009	CN 101983108 A	02-03-2011
		EP 2108465 A1	14-10-2009
		EP 2274113 A1	19-01-2011
		JP 2011516274 A	26-05-2011
		KR 20110005840 A	19-01-2011
		RU 2010145143 A	20-05-2012
		US 2011107776 A1	12-05-2011
		WO 2009124830 A1	15-10-2009

JP 4167916 A	16-06-1992	KEINE	

JP 7112254 A	02-05-1995	JP 3373007 B2	04-02-2003
		JP 7112254 A	02-05-1995

US 3589160 A	29-06-1971	KEINE	

EP 1046436 A2	25-10-2000	AT 305828 T	15-10-2005
		DE 19917725 A1	02-11-2000
		DE 50011274 D1	10-11-2005
		EP 1046436 A2	25-10-2000
		JP 2000312914 A	14-11-2000
		US 6237385 B1	29-05-2001

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

- DD 213853 A1 [0003]
- DE 10137596 A1 [0004]