



Europäisches
Patentamt
European
Patent Office
Office européen
des brevets



(11) EP 2 644 718 A1

(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)
B21B 45/02 (2006.01)

C21D 1/667 (2006.01)
B21B 45/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12161385.5**

(22) Anmeldetag: **27.03.2012**

(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)**

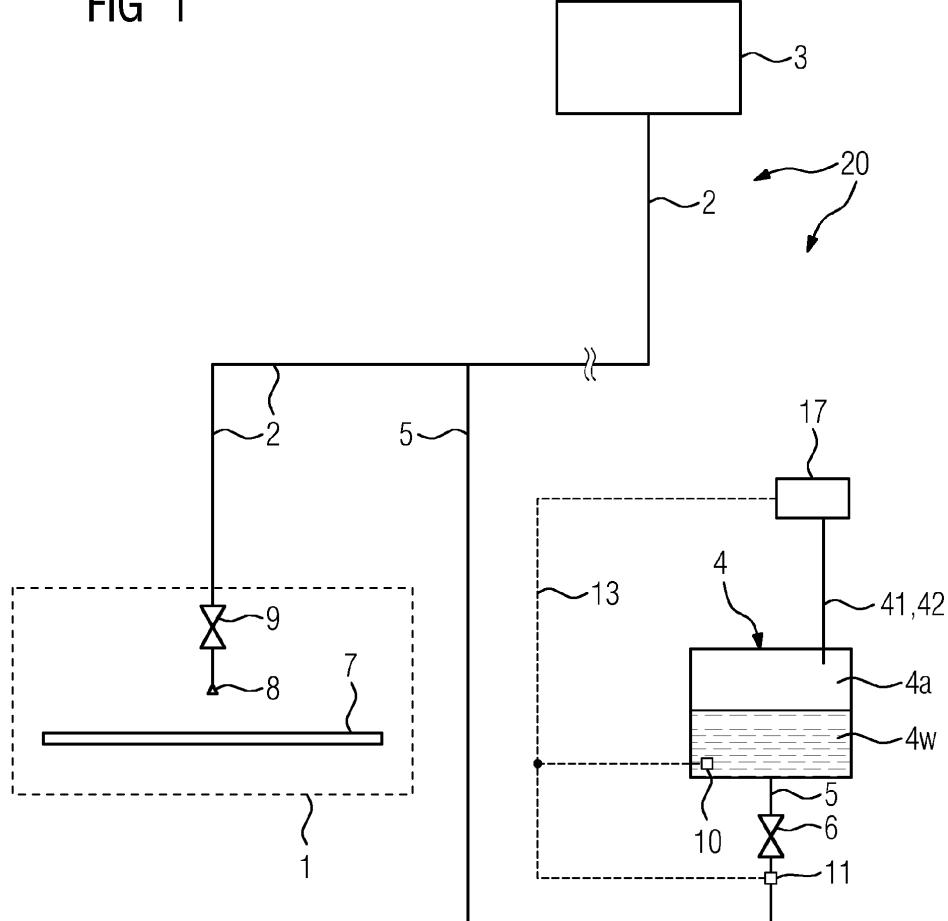
(72) Erfinder: **Weinzierl, Klaus
90480 Nürnberg (DE)**

(54) Verfahren zur Druckstabilisierung

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Druckstabilisierung der Wasserversorgung einer Kühlstrecke (1). Die Kühlstrecke (1) wird durch eine mit Wasser gefüllte Rohrleitung (2) mit Wasser aus einem Wasserreservoir (3) versorgt. Es wird ein teilweise mit Luft (4a) und teilweise mit Wasser (4w) gefüllter Druckbehälter (4)

bereit gestellt. Außerdem wird eine Verbindung (5) zum Austausch von Wasser zwischen dem Druckbehälter (4) und der Rohrleitung (2) bereit gestellt. Bei einem Absinken des Wasserdrucks in der Rohrleitung (2) wird Wasser aus dem Druckbehälter (4) durch die bereitgestellte Verbindung (5) in die Rohrleitung (2) gedrückt.

FIG 1



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Druckstabilisierung der Wasserversorgung einer Kühlstrecke und ein entsprechendes Wasserversorgungssystem.

5 **[0002]** Zur Kühlung von Metallbändern, z. B. von Stahlbändern, ist es bekannt, auf diese Bänder in einer Kühlstrecke Wasser als Kühlmittel aufzubringen. Für die Kühlstrecke einer Warmbandstraße wird ein relativ großer Wasserstrom benötigt. Für eine hohe Genauigkeit der Temperaturlösung in der Kühlstrecke ist es dabei wichtig, dass der Wasserdruck während der Ansteuerung von Ventilen in der Kühlstrecke unabhängig von dem abgenommenen Wasserstrom konstant bleibt oder sich zumindest stabil in Abhängigkeit des geschalteten Wasserstroms beschreiben lässt. Im letzteren Fall kann der Wasserdruck sodann z. B. mit einer Modellierung oder einer Messung des Wasserdrucks in einem Kühlmodell erfasst und berücksichtigt werden, um eine genaue Temperaturlösung zu erreichen.

10 **[0003]** Üblicherweise wird die Wasserversorgung einer Kühlstrecke mittels eines Hochtanks von der öffentlichen Wasserversorgung entkoppelt, um nicht vorhersagbare Schwankungen des Wasserdrucks auszuschließen. DE 198 50 253 A1 beschreibt eine Regelung einer Kühlstrecke, die mit Wasser aus einem Wasserhochbehälter versorgt wird.

15 **[0004]** Allerdings ist es insbesondere bei Modernisierungen nicht immer möglich, einen Hochtank in unmittelbarer Nähe der Kühlstrecke zu installieren. Häufig muss das Wasser erst über eine relativ lange Rohrleitung an die Kühlstrecke herangeführt werden. Typische Rohrleitungslängen liegen in einem Bereich von 100 bis 300 m, d. h. beim Einschalten der Kühlstrecke ist eine relativ große Wassermenge, typischerweise mehrere hundert Tonnen Wasser, zu beschleunigen. Dadurch kommt es beim Einschalten der Kühlstrecke nicht sofort zu dem erwünschten Anstieg des Wasserstroms, sondern zunächst zu einem Druckabfall, und erst nach einem längeren Zeitraum, nachdem die in der Rohrleitung befindliche Wassersäule beschleunigt wurde, zu dem gewünschten Anstieg des Wasserstroms auf dem benötigten Druckniveau. Eine analoge Druckschwankung tritt bei einer Öffnung zusätzlicher Ventile einer im Betrieb befindlichen Kühlstrecke auf, d. h. bei einer Verteilung des bisher zur Verfügung stehenden Wasserstroms auf eine größere Anzahl von Ventile.

25 **[0005]** Eine Regelung des Wasserstroms mithilfe eines Bypass-Ventils umgeht zwar eine kurzfristige Beschleunigung großer Wassermengen, führt aber zu einem hohen Wasser- und Energieverbrauch.

[0006] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist daher eine verbesserte Wasserversorgung einer Kühlstrecke.

30 **[0007]** Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Druckstabilisierung der Wasserversorgung einer Kühlstrecke, wobei die Kühlstrecke durch eine mit Wasser gefüllte Rohrleitung mit Wasser aus einem Wasserreservoir versorgt wird, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst: Bereitstellen eines teilweise mit Luft und teilweise mit Wasser gefüllten Druckbehälters; und Bereitstellen einer Verbindung zum Austausch von Wasser zwischen dem Druckbehälter und der Rohrleitung so, dass bei einem Absinken des Wasserdrucks in der Rohrleitung Wasser aus dem Druckbehälter durch die bereitgestellte Verbindung in die Rohrleitung gedrückt wird. Die Aufgabe wird außerdem gelöst durch ein Wasserversorgungssystem einer Kühlstrecke, umfassend eine mit Wasser gefüllte Rohrleitung, durch welche die Kühlstrecke mit Wasser aus einem Wasserreservoir versorgt werden kann, einen teilweise mit Luft und teilweise mit Wasser gefüllten Druckbehälter, und eine Verbindung zum Austausch von Wasser zwischen dem Druckbehälter und der Rohrleitung so, dass bei einem Absinken des Wasserdrucks in der Rohrleitung Wasser aus dem Druckbehälter durch die bereitgestellte Verbindung in die Rohrleitung gedrückt wird.

35 **[0008]** Das Druckschwankungen unterworfene Wasserreservoir kann dabei ein öffentliches Wasserversorgungsnetz, ein Wasserspeicher oder eine sonstige Wasserquelle, z. B. ein Gewässer, sein. Dabei kann der Transport des Wassers von dem Wasserreservoir zu der Kühlstrecke mithilfe einer Pumpe oder durch freigesetzte Höhenenergie des Wassers erfolgen, wenn das Wasser von einem gegenüber der Kühlstrecke erhöht gelegenen Wasserreservoir herangeführt wird.

40 **[0009]** Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass eine Druckkonstanthaltung in der Wasserversorgung einer Kühlstrecke nicht nur, wie herkömmlich, mit einem Wasserreservoir wie z. B. einem Wasserhochbehälter, sondern auch mit einem als Druckausgleichsgefäß dienenden Druckbehälter realisiert werden kann, der an die der Wasserversorgung der Kühlstrecke dienende Rohrleitung angeschlossen ist. Im Folgenden werden die Begriffe "Druckbehälter" und "Druckausgleichsgefäß" gleichbedeutend verwendet.

45 **[0010]** Dabei sind das Wasserreservoir und der Druckbehälter nicht funktionsidentisch; es handelt sich um unterschiedliche Vorrichtungen. Schon allein aufgrund seines üblicherweise relativ geringen Fassungsvermögens wäre der Druckbehälter nicht geeignet, über einen längeren Zeitraum einen wesentlichen Beitrag zur Wasserversorgung einer Kühlstrecke zu leisten. Der Druckbehälter dient gemäß der vorliegenden Erfindung lediglich vorübergehend als Druckausgleichsgefäß und ist zusätzlich zu dem Wasserreservoir installiert. Die vorliegende Erfindung erfordert keine Modifikation eines bestehenden Wasserreservoirs; dieser kann unvollkommen bleiben, d. h. ständige Druckschwankungen erzeugend. Der Druckbehälter bietet die Möglichkeit, eine Druckstabilisierung allein durch ihn zu realisieren.

50 **[0011]** Durch das Druckausgleichsgefäß kann ein Druckabfall in der Rohrleitung erheblich verringert werden, wenn in der Kühlstrecke ein erhöhter Wasserstrom benötigt wird, z. B. wenn die Kühlstrecke eingeschaltet wird oder wenn während des Betriebs der Kühlstrecke zusätzliche Ventile geöffnet werden. Bis die Wassersäule in der als Zuführungsrohr dienenden Rohrleitung auf eine ausreichende Geschwindigkeit beschleunigt ist, wird das benötigte Wasser aus dem

Druckbehälter geliefert. Diese Versorgung der Kühlstrecke mit Wasser aus dem Druckbehälter ist möglich, weil die Luft im Druckbehälter bei einem Druckabfall in der Rohrleitung sich ausdehnt und Wasser aus dem Druckbehälter herausdrückt. Diese vorübergehende Zuführung von Wasser aus dem Druckbehälter wirkt dem Druckabfall in der Rohrleitung entgegen.

5 [0012] Erfindungsgemäß wird also eine Entkopplung der Kühlstrecke von Schwankungen des Wasserdurks im Wasserversorgungssystem mithilfe des Druckbehälters erzielt, der als ein Druckausgleichsgefäß für die Rohrleitung dient. Der Druckbehälter ist teilweise mit Wasser gefüllt, wobei sich über der Wasserfüllung ein Druckluftpolster befindet. Beispielsweise ist der Druckbehälter zur Hälfte mit Wasser und zur Hälfte mit Luft gefüllt. Der Druckbehälter ist vorzugsweise am kühlstreckenseitigen Ende einer ggf. relativ langen Rohrleitung angeschlossen, welche das Wasserreservoir und die Kühlstrecke miteinander verbindet. Als relativ lang wird eine Rohrleitung mit einer Länge im Bereich von 100 bis 300 m betrachtet.

10 [0013] Die Erfindung bietet eine Reihe von Vorteilen:

15 ● Die Erfindung führt, bei einem im Vergleich zu einem herkömmlichen Wasserhochtank kleinen Speichervolumen des Druckausgleichsgefäßes, zu einer Minimierung von Druckschwankungen. Das erforderliche Volumen des Druckbehälters ist wesentlich kleiner als bei einem Hochtank. Typische Volumina des Druckbehälters liegen bei 10 bis 20 Kubikmeter, wohingegen ein Hochtank üblicherweise mindestens 100 Kubikmeter Wasser enthält.

20 ● Die Erfindung führt zu einer signifikanten Dämpfung von Druckschwankungen der Wasserwirtschaft. Die Dämpfung ist so bedeutend, dass sich der Wasserdruk während der Ansteuerung von Ventilen in der Kühlstrecke stabil in Abhängigkeit des geschalteten Wasserstroms beschreiben lässt. Dadurch kann ein Kühlmodell so ausgelegt werden, dass die vorhersagbaren bzw. gemessenen Wasserdurksschwankungen kompensiert werden. Bei herkömmlichen Wasserversorgungsanlagen ohne ein Druckausgleichsgefäß besteht immer ein Risiko, dass die Wasserwirtschaft destabilisiert wird: das Kühlmodell würde z. B. bei einem Druckanstieg Wasser wegnehmen und so den Druckanstieg noch verstärken. In der

25 [0014] Folge würde die Wasserversorgung instabil.

30 ● Mit der Erfindung ist ein höherer Wasserdruk an der Kühlstrecke einfach realisierbar, nämlich durch Erhöhung des Innendrucks in dem Druckausgleichsgefäß. Ein Hochtank dagegen benötigt eine Bauhöhe von 10 m je bar Wasserdruk.

35 ● Die Erfindung führt im Vergleich zu einem Bypassventil zu keinem höheren Energie- und Wasserverbrauch.

40 ● Die Erfindung erlaubt eine sofortige Reaktion ohne weitere Verzögerung, im Gegensatz zu einer Lösung mit einem Bypassventil.

45 ● Der Druckbehälter ist aufgrund seines relativ geringen Volumens und der dadurch relativ geringen Abmessungen einfach in eine bestehenden Wasserversorgungsanlage integrierbar. Insbesondere kann der Druckbehälter relativ zur Rohrleitung so angeordnet werden, dass keine Luft aus dem Druckbehälter in die Rohrleitung gelangt, falls die Rohrleitung drucklos wird, z. B. im Fall eines Ausfalls von Wasserpumpen. Dieser Vorteil ist in der Praxis besonders wertvoll, da Luft, die sich in einem Wasserversorgungssystem zur Kühlung einer Kühlstrecke befindet, beim Betrieb der Wasserkühlung zu enormen Schäden führen kann und unbedingt zu vermeiden ist.

50 [0015] 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.

55 [0016] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung umfasst das Verfahren außerdem ein Einstellen der Luftmenge in dem Druckbehälter. Das Einstellen der Luftmenge kann aufgrund verschiedener Gründe erfolgen bzw. notwendig werden, z. B.

- wenn die Luftmenge in dem Druckbehälter zu gering geworden ist. Dies kann der Fall sein, wenn ein Teil der Luft im Wasser in Lösung gegangen ist;
- wenn die Luftmenge in dem Druckbehälter zu groß geworden ist. Dies kann der Fall sein, wenn im Wasser gelöste Luft als Luftbläschen austritt und/oder im Wasser enthaltene Luftbläschen an die Wasseroberfläche steigen und dort Luft freisetzen, so dass die Luftmenge im Behälter allmählich ansteigt;
- als zusätzliche Steuerung: Wenn der Druck im Druckbehälter fällt, kann zum Abbremsen des Druckabfalls zusätzlich Luft nachgefüllt werden. Beispielsweise kann es vorkommen, dass sich das Luftpolumen, bei $pV = \text{const.}$, vergrößert, weil Wasser in die Rohrleitung gedrückt wurde. In diesem Fall verliert der Behälter zunehmend die Fähigkeit, weiteres Wasser in die Rohrleitung zu drücken. Durch gleichzeitiges Nachfüllen von Luft während des Druckabfalls kann der Druckabfall gebremst werden;
- als zusätzliche Sicherheit: Wenn der Füllstand des Wassers im Druckbehälter zu niedrig wird, kann durch ein

Ablassen von Luft eine Rückströmung von Wasser in den Behälter ausgelöst werden. Dadurch steigt der Füllstand des Wassers im Druckbehälter wieder an;

- um sicherzustellen, dass bei einem Absinken des Wasserdrucks in der Rohrleitung Wasser aus dem Druckbehälter durch die bereitgestellte Verbindung in die Rohrleitung gedrückt wird.

5

[0017] Bevorzugt umfasst das Wasserversorgungssystem zu diesem Zweck ein Mittel zum Einstellen der Luftmenge in dem Druckbehälter. Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird die Verbindung zwischen dem Druckbehälter und der Rohrleitung gedrosselt oder abgesperrt. Dazu kann das Wasserversorgungssystem eine Drosselleinrichtung aufweisen, die als ein Ventil, insbesondere ein Absperrventil, oder eine Sperrklappe ausgebildet ist. Unter dem Begriff "Drosselleinrichtung" wird jede Vorrichtung zur Beschränkung des Durchflusses verstanden, d. h. jedes Mittel zur Drosselung oder Absperrung. Die Drosselleinrichtung wirkt als ein Strömungswiderstand. Falls die Drosselleinrichtung verstellbar ist, ist somit auch die Dämpfung der Rohrleitung einstellbar. Dabei muss berücksichtigt werden, dass die Druckluft im Druckbehälter wie eine Feder und die Masse der Wassersäule in der Rohrleitung wie ein Pendel wirkt, insgesamt also ein schwingungsfähiges System vorliegt. Dieses schwingungsfähige System kann durch einen Strömungswiderstand im Abfluss des Druckbehälters bedämpft werden, der die Schwingungsneigung des Systems bedämpft. Zwar kann der Strömungswiderstand wieder zu größeren Druckschwankungen an der Kühlstrecke führen, doch lassen sich diese leicht berechnen oder erfassen und im Kühlmodell der Kühlstrecke berücksichtigen, wenn das System insgesamt gut bedämpft reagiert und nicht bei Änderungen der Wassermenge Schwingungen anregt.

10

[0018] Wird eine Drosselleinrichtung im Ablauf des Druckbehälters angeordnet, können in der Kühlstrecke Ventile beliebig schnell betätigt werden, ohne dass Druckstöße befürchtet werden müssen oder ohne dass große Schwingungen über die Wasserwirtschaft eine den Wasserdruck erfassende und Druckschwankungen kompensierende Kühlstreckensteuerung destabilisieren. Diese vorzugsweise als Ventil ausgebildete Drosselleinrichtung kann einstellbar ausgeführt werden. Dann kann die Dämpfung angepasst werden. Ist die Drosselleinrichtung elektrisch verstellbar, kann die Dämpfung sogar dynamisch angepasst werden und die Drosselleinrichtung in einen Druckregelkreis als ein dynamisches Stellglied integriert werden. Eine solche Drosselleinrichtung im Ablauf des Druckbehälters kann weiterhin auch eine Sicherheitsfunktion ausüben. Wird der Füllstand im Druckbehälter durch einen auftretenden Fehler zu niedrig, wird der Druckbehälter durch die Drosselleinrichtung im Ablauf abgesperrt und so sicher von der Wasserversorgung getrennt. Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird die Verbindung zwischen dem Druckbehälter und der Rohrleitung abgesperrt, falls der Füllstand der Wasserfüllung im Druckbehälter unter einen vorgegebenen Schwellwert sinkt. Es ist nämlich unbedingt zu vermeiden, dass die Luft im Druckbehälter das im Druckbehälter befindliche Wasser vollständig aus dem Druckbehälter herausdrückt und dadurch möglicherweise auch Druckluft in die Rohrleitung, d. h. die Wasserwirtschaft, eingeblasen wird. Wasser in den Wasserversorgungsleitungen der Kühlstrecke kann nämlich zu erheblichen Problemen führen, und auch zu einer Beschädigung von Aggregaten der Wasserversorgung der Kühlstrecke.

15

[0019] In einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung wird der Füllstand der Wasserfüllung im Druckbehälter gemessen. Vorzugsweise wird im Druckausgleichsgefäß der Pegel der Wasserfüllung gemessen. Es ist dabei möglich, dass das Wasserversorgungssystem einen Sensor zur Messung des Füllstands der Wasserfüllung im Druckbehälter umfasst. Es ist von Vorteil, dass die Luftmenge im Druckbehälter gelegentlich nachkalibriert wird, da andernfalls mit der Zeit sich die Luftmenge im Druckbehälter verändern kann. Durch eine Messung des Wasserpegels kann ein zu geringer Wasserfüllstand frühzeitig erkannt werden und Wasser in den Druckbehälter nachgefüllt werden. Ein Nachfüllen von Wasser in den Druckbehälter kann dadurch erfolgen, dass die Luftmenge im Druckbehälter verringert wird: der dadurch hervorgerufene Druckabfall im Druckbehälter führt dann zu einem Nachströmen von Wasser aus der Rohrleitung in den Druckbehälter.

20

[0020] Über eine solche Niveaumessung im Druckbehälter, d. h. eine Messung des Füllstands der Wasserfüllung im Druckbehälter, kann sogar eine aktive Regelung für die Luftversorgung des Druckbehälters erfolgen. Es ist aber auch möglich, dass das Luftvolumen im Druckbehälter nur gelegentlich, z. B. während Ruhephasen, nachkalibriert wird.

25

[0021] Es ist von Vorteil, den Druck im Innern des Druckbehälters zu messen. Dazu kann das Wasserversorgungssystem einen Sensor zur Messung des Drucks im Druckbehälter aufweisen. Es ist möglich, dass der Wasserdruck in der Rohrleitung gemessen wird. Dazu kann das Wasserversorgungssystem einen Sensor zur Messung des Wasserdrucks in der Rohrleitung aufweisen. Einen Drucksensor zur Messung des Wasserdrucks in der Rohrleitung bringt man mit Vorteil am Auslauf des Druckbehälters, bevorzugt hinter der Drosselleinrichtung an, d. h. auf der zu der Rohrleitung hin gelegenen Seite der Drosselleinrichtung. Dann ist jederzeit der Druck im Innern des Druckbehälters bekannt und auch der Druck, mit dem die Kühlstrecke mit Wasser versorgt wird. Die Druckmessung im Innern des Druckbehälters verbessert die Steuerung der Druckluft im Druckbehälter, die Messung des Drucks hinter der Drosselleinrichtung wird dem Kühlmodell der Kühlstrecke zugeführt und verbessert so die Steuerung der Kühlstrecke.

30

[0022] Es ist möglich, dass sich im oberen Teil des Druckbehälters eine Zuführung befindet, mit der Druckluft dem Druckbehälter zugeführt werden kann. Über eine weitere Öffnung kann Luft auch aus dem Druckbehälter abgeführt werden. Aber auch eine gemeinsame Zu- bzw. Abführung von Luft zu bzw. aus dem Druckbehälter ist möglich, wenn die Luftversorgung mit einem variablen Luftdruck betrieben wird. Dann wird Luft von dem Druckbehälter abgeführt, wenn

der Luftdruck der Luftversorgung niedriger als der Luftdruck im Druckbehälter ist, und Luft dem Druckbehälter zugeführt, wenn der Luftdruck der Luftversorgung höher als der Luftdruck im Druckbehälter ist.

[0023] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung weist der Druckbehälter ein Volumen in einem Bereich von 10 bis 20 m³ auf. Bei den Wasserströmen, die zur Kühlung einer Kühlstrecke üblicher Größe nötig sind, kann ein Volumen von weniger als 10 m³ zu einer unzureichenden Druckstabilisierung führen. Andererseits können die Abmessungen eines Druckbehälters mit einem Volumen von mehr als 20 m³ zu Einschränkungen in Bezug auf eine einfache Integrierbarkeit in eine bestehende Kühlstrecke führen. Darüber hinaus steigen die Kosten eines Druckbehälters mit seinem Volumen. Ein Druckbehälter mit einem Volumen in einem Bereich von 10 bis 20 m³ stellt somit einen guten Kompromiss dar.

[0024] Vorzugsweise findet das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7 bzw. ein Wasserversorgungssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 14 für eine Metallbearbeitungsstraße, vorzugsweise für eine Warmbandstraße zum Walzen von Metallband, Anwendung.

[0025] 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 jeweils schematisch und nicht maßstabsgetreu

Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel eines Wasserversorgungssystems einer Kühlstrecke;

Fig. 2 ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Wasserversorgungssystems einer Kühlstrecke;

Fig. 3 einen Druckbehälter während des Einschaltens einer Kühlstrecke;

Fig. 4 einen Druckbehälter während des Ausschaltens einer Kühlstrecke;

Fig. 5 ein Ausführungsbeispiel eines Druckbehälters;

Fig. 6 ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Druckbehälters; und

Fig. 7 ein Schema einer Rohrleitung mit angekoppeltem Druckausgleichsgefäß zur Abschätzung einer Schwingungs-dämpfung.

[0026] Fig. 1 zeigt eine Kühlstrecke 1 und ein ihr zugeordnetes Wasserversorgungssystem 20. Die Kühlstrecke 1 umfasst Kühldüsen 8, über welche Kühlwasser auf ein zu kühlendes Metallband 7 aufströmt. Die Wasserzufuhr zu den Kühldüsen wird durch ein oder mehrere Kühlstraßenventile 9 gesteuert.

[0027] Das Wasserversorgungssystem 20 umfasst eine mit Wasser gefüllte Rohrleitung 2, durch welche die Kühlstrecke 1 mit Wasser aus einem Wasserreservoir 3 versorgt werden kann, einen teilweise mit Luft 4a und teilweise mit Wasser 4w gefüllten Druckbehälter 4, ein Verbindungsrohr 5 zum Austausch von Wasser zwischen dem Druckbehälter 4 und der Rohrleitung 2, und eine Druckluftanlage 17 zum Einstellen des Drucks in dem Druckbehälter 4.

[0028] Das Wasserreservoir 3 kann ein öffentliches Wasserversorgungsnetz, ein Wasserspeicher, insbesondere ein z. B. auf einem Wasserturm installierter Wasserhochbehälter, oder eine sonstige Wasserquelle, z. B. ein Gewässer, sein. Dabei erfolgt in dem dargestellten Ausführungsbeispiel der Transport des Wassers von dem Wasserreservoir zu der Kühlstrecke durch freigesetzte Höhenenergie des Wassers, da das Wasser von einem gegenüber der Kühlstrecke 1 erhöht gelegenen Wasserreservoir 3 herangeführt wird.

[0029] Der Druckbehälter 4 kann aus jedem Material bestehen, das sowohl druck- als auch kühlmittelbeständig ist, z. B. aus Stahl oder Aluminium. Die Form des Druckbehälters 4 wird so gewählt, dass der Druckbehälter 4 den auftretenden Innendrücken standhalten kann; beispielsweise weist der Druckbehälter 4 einen zylindrischen Teil auf, der von zwei nach außengewölbten Böden oder flachen Böden verschlossen wird. In der Außenwand des Druckbehälters 4 sind ein oder mehrere Löcher ausgebildet, durch welche Kühlmittel 4w und Luft 4a zu- bzw. abgeführt werden kann, sowie ein oder mehrere Sensoren in das Innere des Druckbehälters 4 eingeführt sind. Diese Löcher sind druckdicht abgedichtet.

[0030] Die Druckluftanlage 17 fördert komprimierte Luft über den kombinierten Luftein- und -auslass 41, 42 in den Druckbehälter 4, wenn die Luftmenge darin vergrößert werden soll. Umgekehrt entnimmt die Druckluftanlage 17 Luft über den kombinierten Luftein- und -auslass 41, 42 aus dem Druckbehälter 4, wenn die Luftmenge darin verringert werden soll.

[0031] Außerdem umfasst das Wasserversorgungssystem 20 einen Drucksensor 10 zum Messen des Drucks im Druckbehälter 4 und einen Drucksensor 11 zum Messen des Drucks in der Rohrleitung 2. Die Druckmesswerte der beiden Sensoren 10, 11 werden als Messsignale über Signalleitungen 13 zu einer in Fig. 1 nicht eigens gezeichneten Steuereinheit der Druckluftanlage 17 übertragen. Auf Basis der erhaltenen Signale ermittelt die Druckluftanlage 17, ob

Luft in bzw. aus dem Druckbehälter 4 gefördert werden muss, damit die Druckverhältnisse so eingestellt sind, dass bei einem Absinken des Wasserdrucks in der Rohrleitung 2 Wasser aus dem Druckbehälter 4 durch die bereitgestellte Verbindung 5 in die Rohrleitung 2 gedrückt wird.

[0032] Beispielsweise hält die Druckluftanlage 17 den Innendruck des Druckbehälters 4 auf einem Druck, der in der Rohrleitung 2 vorzugsweise als Mittelwert über einen vorhergehenden Zeitraum, z. B. die letzten fünf Sekunden, geherrscht hat. Dadurch werden Druckschwankungen in der Rohrleitung 2 noch stärker bedämpft.

[0033] Fig. 2 zeigt eine Kühlstrecke 1 und ein ihr zugeordnetes Wasserversorgungssystem 20 gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel. Hinsichtlich einer möglichen Ausgestaltung der Kühlstrecke 1 wird auf die entsprechende Beschreibung zu Fig. 1 verwiesen.

[0034] Auch das Wasserversorgungssystem 20 entspricht im Wesentlichen dem in Fig. 1 dargestellten, bis auf den Unterschied, dass die Druckmesssignale der beiden Drucksensoren 10, 11 in einer separaten Druckmesseinheit 12 gesammelt und verarbeitet werden. Die Druckmesseinheit 12 generiert auf Basis dieser Druckmesssignale Steuersignale, die an die Druckluftanlage 17 gesendet werden und der Steuerung der Druckluftanlage 17 dienen.

[0035] Ein weiterer Unterschied zwischen den in Fig. 1 und Fig. 2 dargestellten Wasserversorgungssystemen 20 ist, dass bei dem in Fig. 2 gezeigten Wasserversorgungssystem 20 der Transport des Wassers von dem Wasserreservoir 3 zu der Kühlstrecke mithilfe einer Pumpe 18 erfolgt. Aufgrund der Dämpfungs- und Ausgleichswirkung des Druckbehälters 4 auf die Druckverhältnisse in der Rohrleitung 2 können durch ein An- und Ausschalten der Pumpe 18 hervorgerufene Druckschwankungen soweit abgedämpft werden, dass sie den Betrieb der Kühlstrecke 1, insbesondere die Kühlung von Metallbändern, nicht beeinträchtigen.

[0036] Fig. 3 zeigt einen Druckbehälter 4 unmittelbar nach dem Einschalten einer Kühlstrecke 1. Im Moment des Öffnens des Kühlstraßenventils 9 wird der Rohrleitung 2 plötzlich eine bestimmte Wassermenge pro Zeiteinheit, d. h. ein Wasserstrom, entnommen. Da aufgrund der Trägheit und der Reibung die in der Rohrleitung 2 stehende Wassersäule nicht instantan nachströmen kann, kommt es zunächst zu einem Druckabfall in der Rohrleitung 2. Dieser Druckabfall in der Rohrleitung 2 wird aber weitgehend ausgeglichen dadurch, dass Wasser aus dem unter Druck stehenden Druckbehälter 4 durch die Verbindungsleitung 5 in die Rohrleitung 2 herausgedrückt wird. Der Pfeil 15 gibt die Strömungsrichtung des Wassers aus dem Druckbehälter 4 an.

[0037] Im Druckbehälter 4, der teils mit Wasser 4w, teils mit Luft 4a gefüllt ist, macht sich das Abströmen von Wasser durch ein Sinken des Wasserpegels 14 unter einen Normalpegel 14n bemerkbar. Der Normalpegel 14n stellt sich nach längerem Stillstand bzw. Betrieb der Kühlstraße 1 ein, d. h. unter konstanten Druckverhältnissen.

[0038] Fig. 4 zeigt den bereits aus Fig. 3 bekannten Druckbehälter 4, aber, im Gegensatz zu Fig. 3, unmittelbar nach dem Ausschalten der Kühlstrecke 1. Im Moment des Schließens des Kühlstraßenventils 9 wird der bisher durch die Rohrleitung 2 fließende Wasserstrom plötzlich unterbrochen. Da aufgrund der Trägheit und der Reibung die durch die Rohrleitung 2 strömende Wassersäule nicht instantan anhalten kann, kommt es zunächst zu einem Druckanstieg in der Rohrleitung 2. Dieser Druckanstieg in der Rohrleitung 2 wird aber weitgehend ausgeglichen dadurch, dass Wasser aus der Rohrleitung 2 durch die Verbindungsleitung 5 in den unter Druck stehenden Druckbehälter 4 gedrückt wird. Der Pfeil 15 gibt die Strömungsrichtung des Wassers in den Druckbehälter 4 an.

[0039] Im Druckbehälter 4, der teils mit Wasser 4w, teils mit Luft 4a gefüllt ist, macht sich das Zuströmen von Wasser durch ein Steigen des Wasserpegels 14 über den Normalpegel 14n bemerkbar.

[0040] Fig. 5 zeigt einen Druckbehälter 4, in dessen Innenraum, z. B. an einer Seitenwand, ein Füllstandssensor 16 angeordnet ist. Der Füllstandssensor 16 misst den Wasserpegel 14 der Wasserfüllung 4w des Druckbehälters 4 und liefert den entsprechenden Messwert über eine Signalleitung an ein Steuergerät. Die Messung wie auch die Signalerzeugung kann jeweils nach einem vorgegebenen Zeitintervall erfolgen. Falls der Pegel 14 einen Schwellpegel 14min unterschreitet, kann das Steuergerät veranlassen, dass Wasser in den Druckbehälter 4 gefördert wird. Vorzugsweise erfolgt dies durch Ansteuern einer Pumpe, welche über eine separate Zuleitung Wasser in den Druckbehälter 4 pumpt. Alternativ stammt das Wasser zum Auffüllen des Druckbehälters 4 aus der Rohrleitung 2, wobei dieses Wasser durch die Verbindungsleitung 5 in den Druckbehälter 4 gedrückt wird.

[0041] Der in Fig. 5 gezeigte Druckbehälter 4 umfasst ferner einen Luftauslass 41 und einen Lufteinlass 42. Dadurch kann der Druck im Druckbehälter 4 durch Zuführen bzw. Ablassen von Luft gesteuert werden. Die Strömungsrichtung der Luft in den Luftleitungen 41, 42 ist durch die Pfeile 15 angedeutet. Es ist somit möglich, dass über ein Ablassen von Luft aus dem Druckbehälter 4 durch den Luftauslass 41 der Druck in dem Druckbehälter 4 soweit abgesenkt wird, dass Wasser aus der Rohrleitung 2 in den Druckbehälter 4 gedrückt wird.

[0042] Fig. 6 zeigt einen Druckbehälter 4, der einen kombinierten Luftein- und -auslass 41, 42 aufweist. Die beiden möglichen Strömungsrichtungen der Luft in dem kombinierten Luftein- und -auslass 41, 42 sind durch den Pfeil 15 angedeutet.

[0043] Fig. 7 zeigt eine Skizze einer Rohrleitung 2 mit einer Pumpe 18 am Eingang und einem Druckausgleichsgefäß 4 am Ausgang. Durch die Rohrleitung 2 mit einem Rohrleitungsquerschnitt A_R wird mithilfe der Wasserpumpe 18 Wasser aus einem Wasserreservoir 3 zu einer Kühldüse 8 gepumpt. An der Ausgangsseite der Pumpe 18 herrscht in der Rohrleitung 2 der Druck p_e . Zum Druckausgleich in der Rohrleitung 2 ist in einer Distanz 1 von der Pumpe 18 der

EP 2 644 718 A1

Druckbehälter 4 durch eine Verbindungsleitung 5 an die Rohrleitung 2 angekoppelt. Dabei befindet sich in der Verbindungsleitung 5 ein als Dämpfungsglied wirkendes Absperrventil 6 mit einem Strömungswiderstand R. Die Luftfüllung 4a des Druckbehälters 4 hat ein Volumen v. Im Druckbehälter 4 herrscht der momentane Druck p_a . Zu dieser Situation wird im Folgenden eine Dämpfung D der Drosselleinrichtung 6 abgeschätzt.

5 [0044] Im Druckbehälter 4 gilt das Gleichgewicht der Drücke:

$$10 \quad I) \quad V_0 p_0 = v p_a \quad \text{bzw.} \quad p_a = \frac{V_0 p_0}{v}$$

mit dem Anfangsvolumen V_0 , dem Anfangsdruck p_0 und dem momentanen Volumen v. Weiterhin gilt:

$$15 \quad II) \quad p_e + \frac{\rho l}{A_R} \ddot{v} + R \dot{v} = p_a$$

20 mit der Dichte von Wasser $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$. Zur Herleitung siehe z. B. Heinemann, Ekkehard; Feldhaus, Rainer: Hydraulik für Bauingenieure. 2. Auflage. Stuttgart ; Leipzig ; Wiesbaden: B. G. Teubner, 2003, ISBN 3- 519- 15082- 4. Durch Einsetzen von I) in II) und mit der Abkürzung $v = V_0 x$ entsteht:

$$25 \quad p_e + \frac{\rho l}{A_R} V_0 \ddot{x} + R V_0 \dot{x} - \frac{p_0}{x} = 0$$

30 [0045] Mit der Linearisierung $x = x_0 + dx$ erhält man:

$$35 \quad dp_e + \frac{\rho l V_0}{A_R} d\ddot{x} + R V_0 \dot{dx} + \frac{p_0}{x_0^2} dx = 0$$

40 [0046] Durch Multiplikation mit $\frac{x_0^2}{p_0}$ erhält man daraus:

$$45 \quad \frac{x_0^2}{p_0} dp_e + T^2 d\ddot{x} + TD \dot{dx} + dx = 0 \quad \text{mit} \quad T = \sqrt{\frac{x_0^2 \rho l V_0}{A_R p_0}} \quad \text{und} \quad D = \frac{R V_0}{T}$$

50 [0047] Nimmt man für eine gute Dämpfung $D = 1$ an, so ist der Strömungswiderstand R geeignet zu wählen.

[0048] 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 Schutzmfang der Erfindung zu verlassen.

55

Patentansprüche

1. Verfahren zur Druckstabilisierung der Wasserversorgung einer Kühlstrecke (1), wobei die Kühlstrecke (1) durch eine mit Wasser gefüllte Rohrleitung (2) mit Wasser aus einem Wasserreservoir (3) versorgt wird, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:

- Bereitstellen eines teilweise mit Luft (4a) und teilweise mit Wasser (4w) gefüllten Druckbehälters (4); und
- Bereitstellen einer Verbindung (5) zum Austausch von Wasser zwischen dem Druckbehälter (4) und der Rohrleitung (2), sodass bei einem Absinken des Wasserdrucks in der Rohrleitung (2) Wasser aus dem Druckbehälter (4) durch die bereitgestellte Verbindung (5) in die Rohrleitung (2) gedrückt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren außerdem folgenden Schritt umfasst:

15 Einstellen der Luftmenge in dem Druckbehälter (4).

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindung (5) zwischen dem Druckbehälter (4) und der Rohrleitung (2) gedrosselt oder abgesperrt wird.

20 4. Verfahren nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindung (5) zwischen dem Druckbehälter (4) und der Rohrleitung (2) abgesperrt wird, falls der Füllstand (14) der Wasserfüllung (4w) im Druckbehälter (4) unter einen vorgegebenen Schwellwert (14min) sinkt.

25 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass der Füllstand (14) der Wasserfüllung (4w) im Druckbehälter (4) gemessen wird.

30 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass der Druck im Druckbehälter (4) gemessen wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass der Wasserdruck in der Rohrleitung (2) gemessen wird.

35 8. Wasserversorgungssystem (20) einer Kühlstrecke (1), umfassend

- eine mit Wasser gefüllte Rohrleitung (2), durch welche die Kühlstrecke (1) mit Wasser aus einem Wasserreservoir (3) versorgt werden kann,
- einen teilweise mit Luft (4a) und teilweise mit Wasser (4w) gefüllten Druckbehälter (4), und
- eine Verbindung (5) zum Austausch von Wasser zwischen dem Druckbehälter (4) und der Rohrleitung (2) so, dass bei einem Absinken des Wasserdrucks in der Rohrleitung (2) Wasser aus dem Druckbehälter (4) durch die bereitgestellte Verbindung (5) in die Rohrleitung (2) gedrückt wird.

40 9. Wasserversorgungssystem (20) nach Anspruch 8, **gekennzeichnet durch** ein Mittel (17) zum Einstellen der Luftmenge in dem Druckbehälter (4).

10. Wasserversorgungssystem (20) nach Anspruch 8 oder 9, **gekennzeichnet durch** eine Drosseleinrichtung (6), insbesondere ein Ventil, zum Drosseln und/oder Absperren der Verbindung (5) zwischen dem Druckbehälter (4) und der Rohrleitung (2).

50 11. Wasserversorgungssystem (20) nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **gekennzeichnet durch** einen Sensor (16) zur Messung des Füllstands (14) der Wasserfüllung (4w) im Druckbehälter (4).

55 12. Wasserversorgungssystem (20) nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **gekennzeichnet durch** einen Sensor (10) zur Messung des Drucks im Druckbehälter (4).

13. Wasserversorgungssystem (20) nach einem der Ansprüche 8 bis 12,

gekennzeichnet durch einen Sensor (11) zur Messung des Wasserdrucks in der Rohrleitung (2).

14. Wasserversorgungssystem (20) nach einem der Ansprüche 8 bis 13,
dadurch gekennzeichnet, dass der Druckbehälter (4) ein Volumen in einem Bereich von 10 bis 20 m³ aufweist.
- 5
15. Verwendung eines Wasserversorgungssystems (20) nach einem der Ansprüche 8 bis 14 zum Versorgen einer Metallbearbeitungsstraße (1), vorzugsweise einer Warmbandstraße zum Walzen von Metallband (7), mit Wasser.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

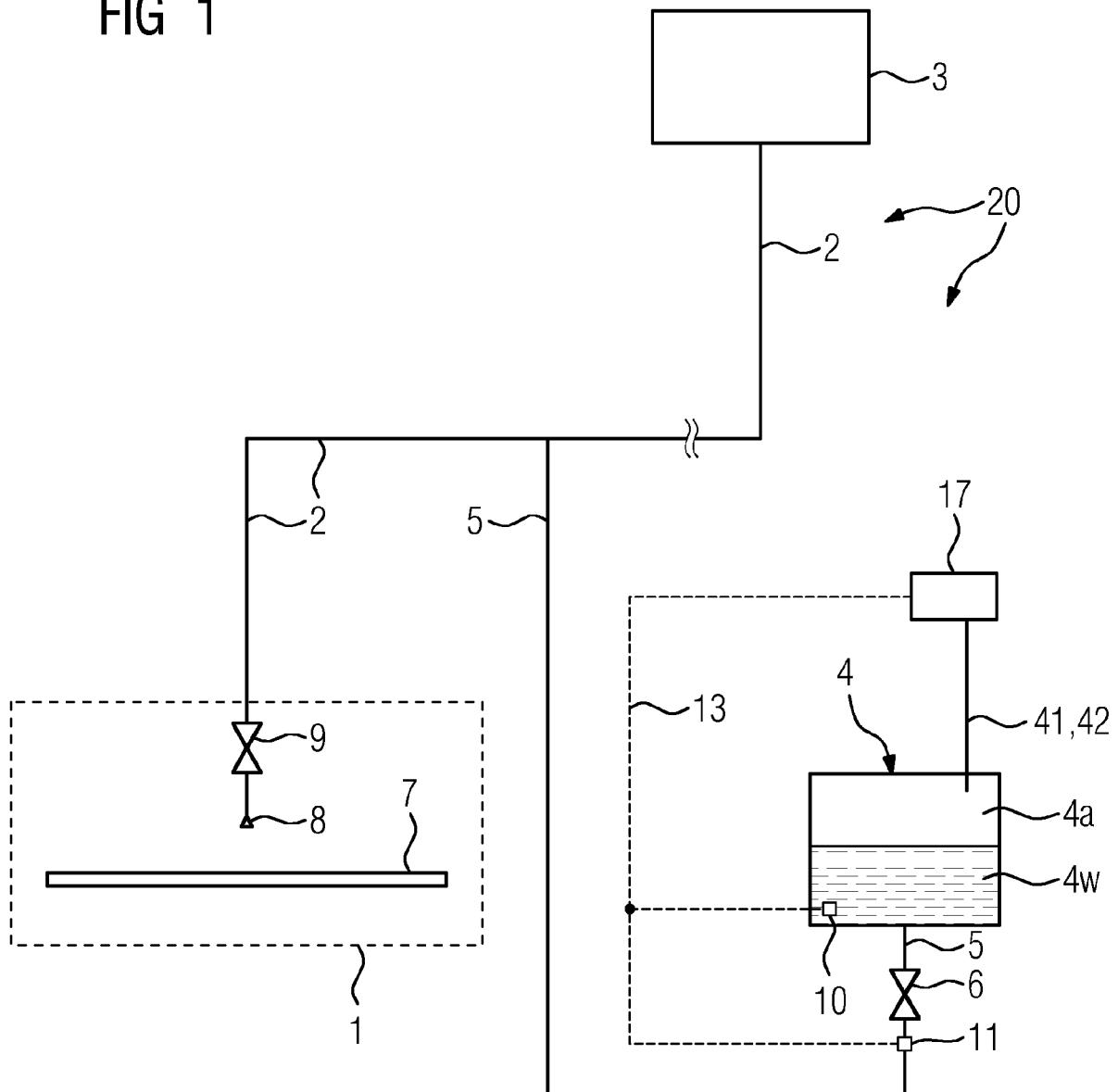


FIG 2

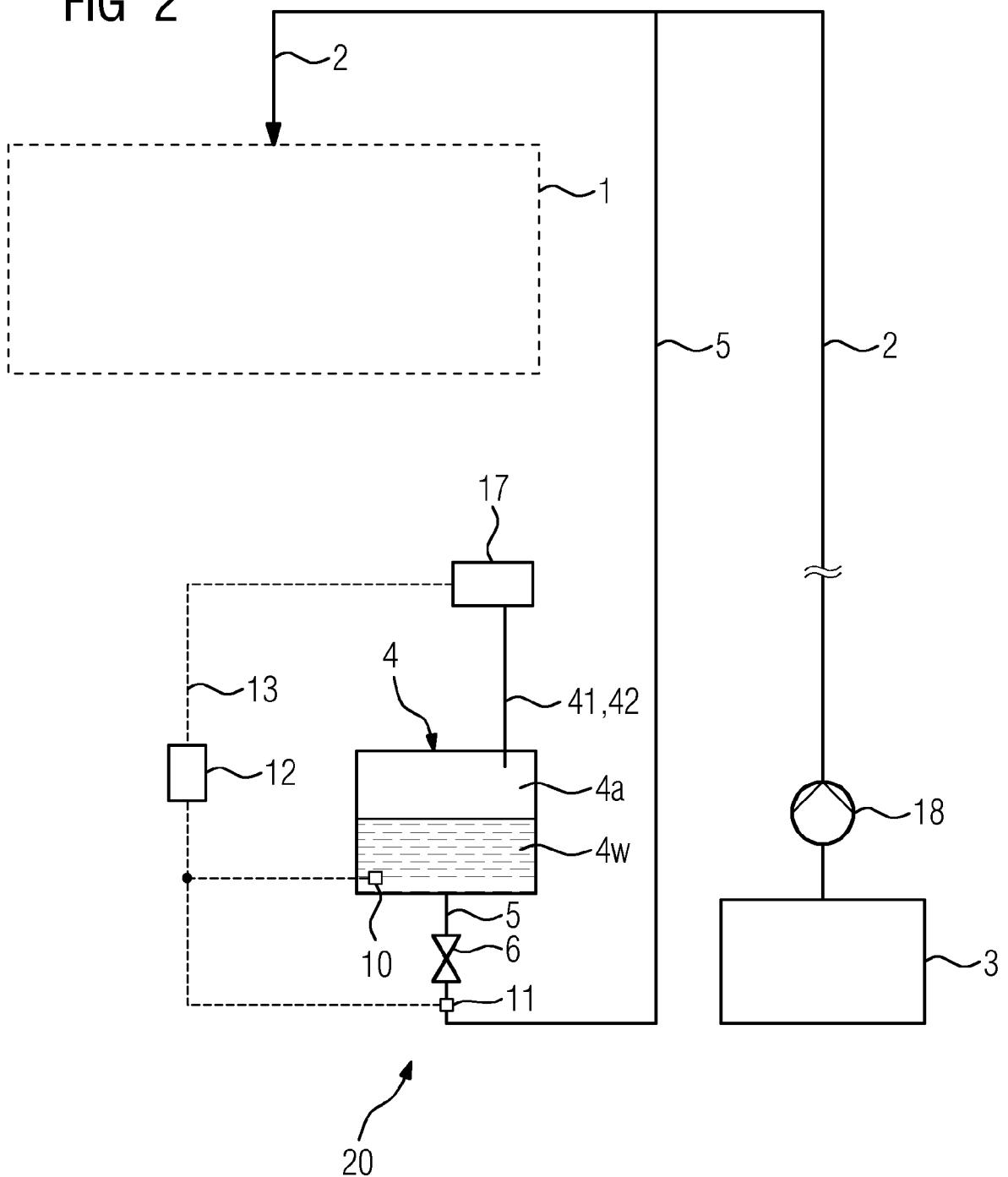


FIG 3

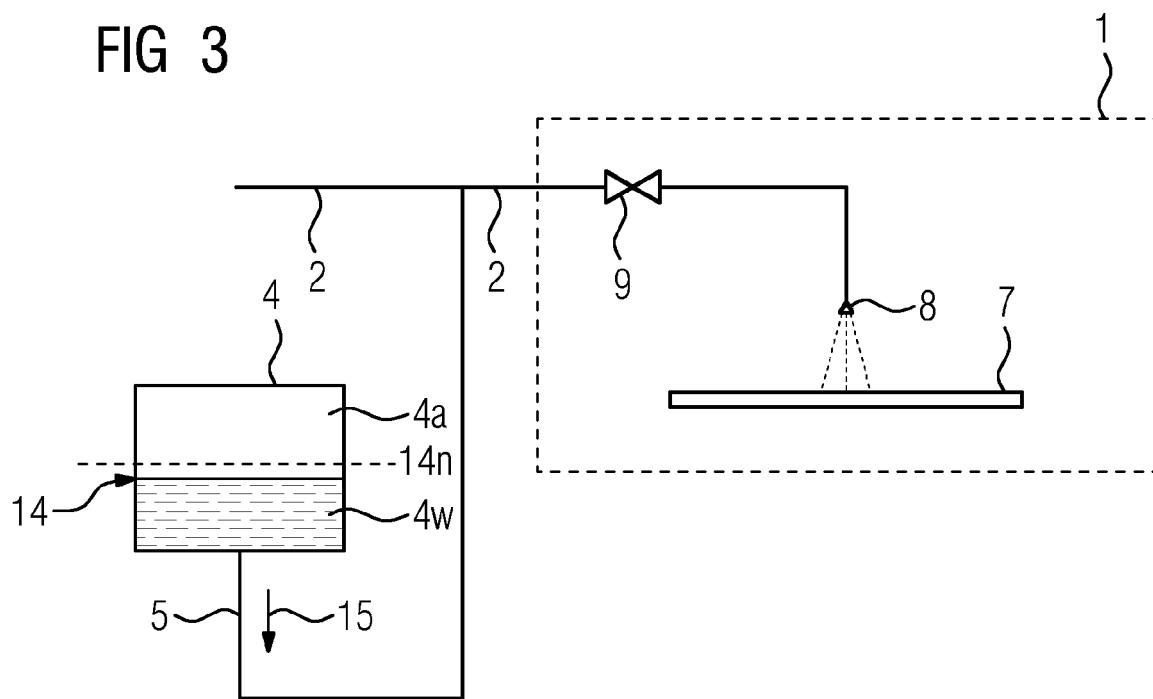


FIG 4

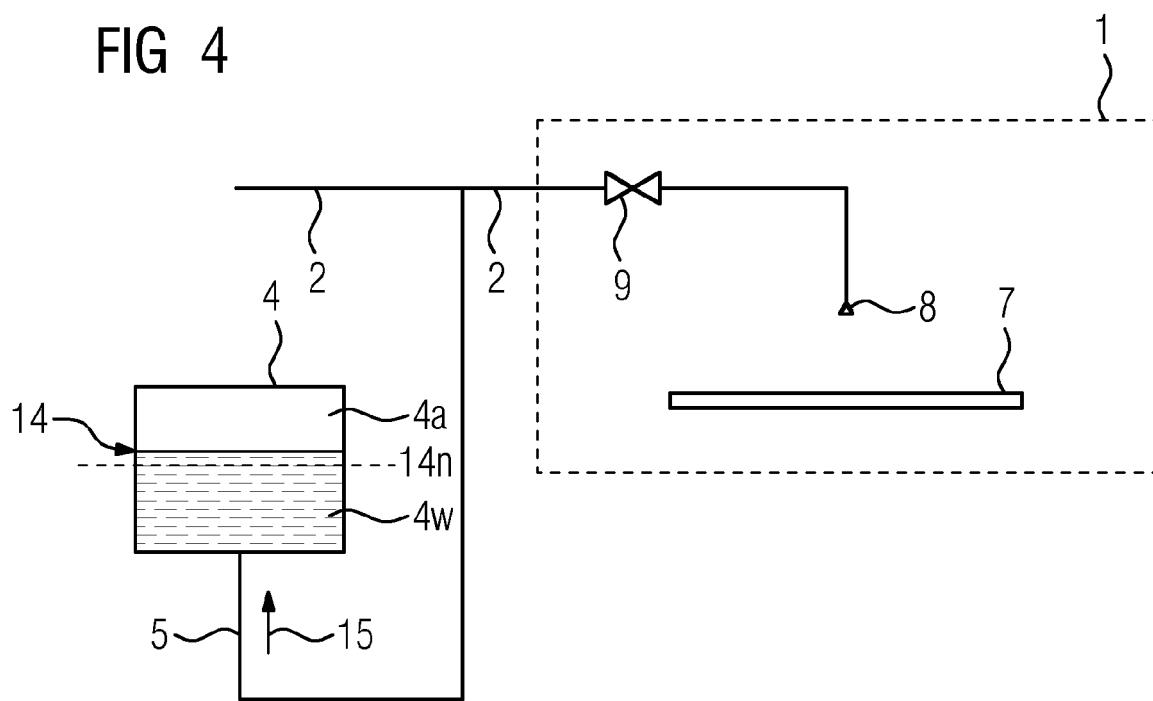


FIG 5

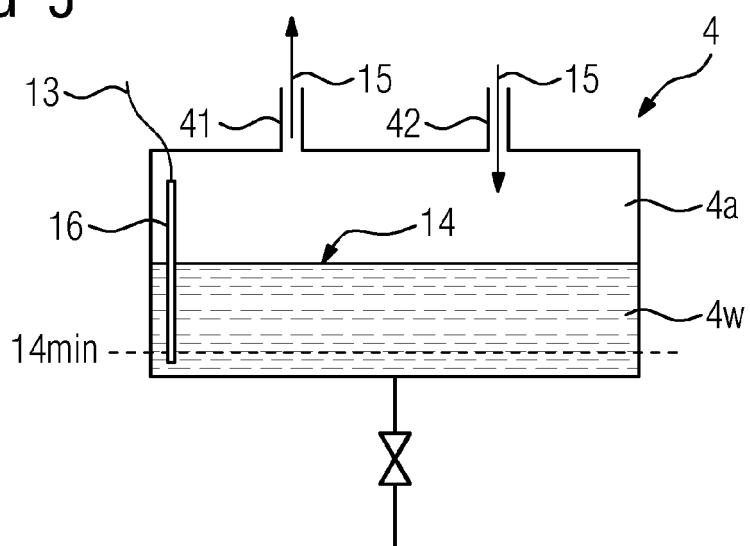


FIG 6

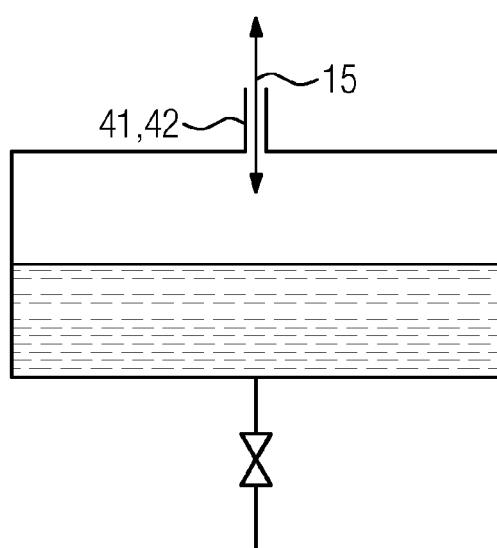
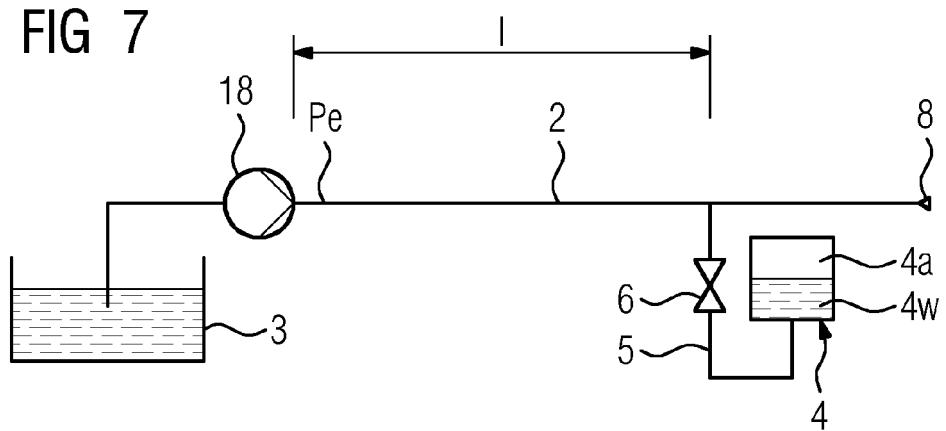


FIG 7





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 12 16 1385

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	JP 58 061910 A (NIPPON STEEL CORP) 13. April 1983 (1983-04-13)	1,2,8,9, 15	INV. C21D11/00
A	* Zusammenfassung; Abbildungen 1-3 *	5-7	C21D1/667 C21D9/573
A	JP 4 167916 A (SUMITOMO METAL IND) 16. Juni 1992 (1992-06-16)	1	B21B37/76 B21B45/02
	* Zusammenfassung *	-----	
A	DE 195 20 138 A1 (WSP INGENIEUR GMBH [DE]) 5. Dezember 1996 (1996-12-05)	1	
	* Ansprüche 1,2 *	-----	
A	JP 10 296320 A (NIPPON KOKAN KK) 10. November 1998 (1998-11-10)	1,8	
	* Zusammenfassung; Abbildung 1 *	-----	
A	US 6 460 730 B1 (LIEDTKE BJORN [DE]) 8. Oktober 2002 (2002-10-08)	1,8	
	* Ansprüche 1-10 *	-----	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			C21D B21B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
1	Recherchenort München	Abschlußdatum der Recherche 14. September 2012	Prüfer Lilimpakis, Emmanuel
EPO FORM 1503/03 82 (P04C03)	KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument		

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

EP 12 16 1385

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.

14-09-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
JP 58061910	A	13-04-1983	KEINE		
JP 4167916	A	16-06-1992	KEINE		
DE 19520138	A1	05-12-1996	KEINE		
JP 10296320	A	10-11-1998	KEINE		
US 6460730	B1	08-10-2002	AT 267053 T CA 2366371 A1 CN 1345260 A EP 1165244 A1 HK 1044131 A1 JP 3662194 B2 JP 2002539939 A TW 466211 B US 6460730 B1 WO 0058018 A1	15-06-2004 05-10-2000 17-04-2002 02-01-2002 03-12-2004 22-06-2005 26-11-2002 01-12-2001 08-10-2002 05-10-2000	

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

- DE 19850253 A1 [0003]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- HEINEMANN, EKKEHARD ; FELDHAUS, RAINER.
Hydraulik für Bauingenieure. Leipzig, 2003 [0044]