



(10) **DE 10 2018 219 276 A1** 2019.09.12

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2018 219 276.6**

(22) Anmeldetag: **12.11.2018**

(43) Offenlegungstag: **12.09.2019**

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

B21B 37/74 (2006.01)

(66) Innere Priorität:

10 2018 203 640.3 12.03.2018

(71) Anmelder:

SMS group GmbH, 40237 Düsseldorf, DE

(74) Vertreter:

Hemmerich & Kollegen, 57072 Siegen, DE

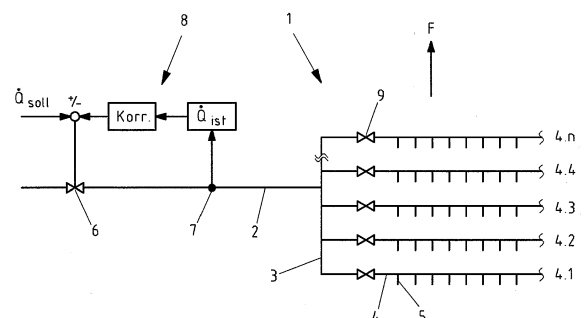
(72) Erfinder:

**Antrag auf Teilnennung; Alken, Johannes,
Dr., 57076 Siegen, DE; Berg, Henning, 57223
Kreuztal, DE; Kiessling-Romanus, Jens, 57072
Siegen, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Kühlgruppe einer Laminarkühlvorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Kühlgruppe einer Laminarkühlvorrichtung (1), von der mindestens eine oberhalb und unterhalb eines zu kühlenden Bandes angeordnet ist, um das Band mit einer Kühlflüssigkeit zu beaufschlagen, umfassend einen zentralen Zulauf (2), über den Kühlflüssigkeit zugeführt wird, ein vom zentralen Zulauf (2) mit Kühlflüssigkeit versorgtes Verteilerrohr (3) und eine Anzahl Beaufschlagungseinheiten (4), die vom Verteilerrohr (3) mit Kühlflüssigkeit versorgt werden, wobei an jeder Beaufschlagungseinheit (4) eine Anzahl Kühldüsen (5) angeordnet ist, über die Kühlflüssigkeit auf das Band ausgebracht wird. Um den Einfluss der Anzahl der zu- bzw. abgeschalteten Beaufschlagungseinheiten zu minimieren und hierbei einen möglichst geringen Investitionsaufwand zu haben, sieht die Erfindung vor, dass im oder vor dem zentralen Zulauf (2) ein Volumenstromregelventil angeordnet ist, mit dem ein definiertes Volumen an Kühlflüssigkeit pro Zeit durch den zentralen Zulauf (2) geleitet wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Kühlgruppe einer Laminarkühlvorrichtung, von der mindestens eine oberhalb und unterhalb eines zu kühlenden Bandes angeordnet ist, um das Band mit einer Kühlflüssigkeit zu beaufschlagen, umfassend einen zentralen Zulauf, über den Kühlflüssigkeit zugeführt wird, ein vom zentralen Zulauf mit Kühlflüssigkeit versorgtes Verteilerrohr und eine Anzahl Beaufschlagungseinheiten, die vom Verteilerrohr mit Kühlflüssigkeit versorgt werden, wobei an jeder Beaufschlagungseinheit eine Anzahl Kühldüsen angeordnet ist, über die Kühlflüssigkeit auf das Band ausgebracht wird.

[0002] Typischerweise ist eine gattungsgemäße Laminarkühlvorrichtung (Laminarkühlstrecke) zum Kühlen von gewalztem Metallband in einzelne Kühlgruppen unterteilt. Jede Kühlgruppe besteht aus einem zentralen Zulauf und einem Verteilerrohr, welches in mindestens vier oder mehr Beaufschlagungseinheiten (Kühlbalken) mündet, die oberhalb oder unterhalb des zu kühlenden Metallbandes angeordnet sind. Die Gruppen, die unmittelbar hinter dem Walzprozesses angeordnet sind, werden vorzugsweise mit einer höheren Durchflussmenge belegt als die am Kühlende befindlichen bzw. diejenigen, welche kurz vor dem Haspel angeordnet sind.

[0003] Gattungsgemäße Kühlvorrichtungen offenbaren beispielsweise die CN 103861879, die CN 102397888, die CN 102513385 und die CN 203419952 U.

[0004] Das Einstellen einer definierten Abkühlkurve setzt eine bestimmte Kühlstrategie voraus, gemäß der einzelne Beaufschlagungseinheiten einer Kühlgruppe die Wassermengen so freisetzen, dass die vorgegebene Abkühlkurve erreicht und bei sich ändernden Prozessparametern (zum Beispiel Änderung der Walzgeschwindigkeit oder Endwalztemperatur) die angestrebte Solltemperatur während des Aufhaspelns (Haspeltemperatur) eingehalten wird.

[0005] Voraussetzung dafür ist, dass aus den einzelnen Beaufschlagungseinheiten immer die genau vorgesehene, im besten Fall gleiche Wassermenge austritt, unabhängig davon, welcher Schaltzustand in der Kühlgruppe auftritt.

[0006] Hierzu ist nach einer ersten vorbekannten Lösung vorgesehen, dass der Zulauf zu einer Kühlgruppe durch einen mit dem Kühlwasser gefüllten Hochbehälter erfolgt, durch den ein fester Vordruck an der Zuführung der Kühlgruppe gegeben ist. Unmittelbar vor den einzelnen Beaufschlagungseinheiten befinden sich die Schaltarmaturen, die entweder vollständig geöffnet oder vollständig geschlossen sind, je nachdem, ob aus der jeweiligen Einheit Kühlwas-

ser auf das Metallband aufgebracht werden soll oder nicht.

[0007] Nachteilig ist bei dieser Konstellation, dass der eigentlich konstante Vordruck je nach Strömungsgeschwindigkeit in den Leitungssystemen zu einem Druckverlust führt, der die strömende Wassermenge in den Beaufschlagungseinheiten je nach Schaltzustand verringert. Damit geht nachteilig einher, dass die individuelle Durchflussmenge durch eine Beaufschlagungseinheit abhängig von dem Schaltzustand der gesamten Gruppe ist. Eine Kühlstrategie zum Bandkühlen kann damit nur ungenau arbeiten.

[0008] Nach einer zweiten vorbekannten Lösung ist vorgesehen, dass vor jeder Beaufschlagungseinheit eine Durchflussregelung angeordnet wird. Hierdurch wird dann die gewünschte Menge unabhängig vom Vordruck eingestellt.

[0009] Nachteilig ist allerdings bei dieser Lösung, dass der hierfür zu treibende Aufwand hoch ist und daher eine hohe Investition erforderlich ist; ferner ist der regelungstechnische Aufwand hier deutlich höher als bei der zuvor beschriebenen Variante.

[0010] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Laminarkühlvorrichtung der eingangs genannten Art so zu gestalten, dass der Einfluss der Anzahl der zu- bzw. abgeschalteten Beaufschlagungseinheiten auf die Strömungsgeschwindigkeit und -menge des Wassers minimal bleibt. Hierbei ist allerdings dafür Sorge zu tragen, dass der Investitionsaufwand möglichst gering bleibt.

[0011] Die Lösung dieser Aufgabe durch die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass im oder vor dem zentralen Zulauf ein Volumenstromregelventil angeordnet ist, mit dem ein definiertes Volumen an Kühlflüssigkeit pro Zeit durch den zentralen Zulauf geleitet wird.

[0012] Mit der erfindungsgemäßen Lösung wird auf einfache, jedoch effektive Weise sichergestellt, dass den Beaufschlagungseinheiten genau diejenige Flüssigkeitsmenge zur Verfügung steht, die zum Einstellen der Kühlrate erforderlich ist. Ein Druckverlust auf der kurzen Leitungsstrecke ist vernachlässigbar bei Berücksichtigung der unten stehenden Auslegungsmerkmale, so dass die Beaufschlagungseinheiten einer Kühlgruppe gleichmäßig versorgt werden können.

[0013] Die Laminarkühlvorrichtung ist vorzugsweise ausgebildet, durch eine oberhalb oder unterhalb des zu kühlenden Bandes angeordnete Vorrichtung einen Volumenstrom zwischen 30 und 200 m³/m² h pro Bandseite zu leiten.

[0014] Der Querschnitt des Verteilerrohrs und der Querschnitt der Beaufschlagungseinheiten stehen vorzugsweise in einem Verhältnis von mindestens 1, 0; besonders bevorzugt ist für das Verhältnis ein Wert von mindestens 1,5 vorgesehen.

[0015] Im Falle der Anordnung der Laminarkühlvorrichtung oberhalb des zu kühlenden Bandes ist diese bevorzugt so ausgebildet, dass das Verhältnis der Strömungsgeschwindigkeit im Verteilerrohr zur Strömungsgeschwindigkeit in der Beaufschlagungseinheit im Bereich zwischen 0,6 und 3,0 beträgt.

[0016] Im Falle der Anordnung der Laminarkühlvorrichtung unterhalb des zu kühlenden Bandes beträgt das Verhältnis der Strömungsgeschwindigkeit im Verteilerrohr zur Strömungsgeschwindigkeit in der Beaufschlagungseinheit bevorzugt im Bereich zwischen 0,2 und 1,0.

[0017] Die Reynolds-Zahl im zentralen Zulauf, im Verteilerrohr und/oder in den Beaufschlagungseinheiten liegt bevorzugt zwischen 2.000 und 3.000. Die Reynoldszahl ist dabei das Produkt aus der Dichte des Kühlmediums mit der Strömungsgeschwindigkeit und der charakteristischen Länge (Bezugslänge) des durchströmten Körpers geteilt durch die dynamische Viskosität des Kühlmediums.

[0018] Die Laminarkühlvorrichtung ist bevorzugt so ausgebildet, dass der Druck in einer oberhalb des Bandes angeordneten Beaufschlagungseinheit oberhalb von 0,05 bar gehalten wird.

[0019] Sie ist bevorzugt so ausgebildet, dass der Druck in einer unterhalb des Bandes angeordneten Beaufschlagungseinheit oberhalb von 0,025 bar gehalten wird.

[0020] Die Einstellung des Volumenstrom-Regelventil wird dabei bevorzugt aus der Beziehung

$$\dot{Q}_{Soll} = \sum_{i=1}^n \dot{Q}_{Soll}^{(4,n)}$$

ermittelt, wobei

\dot{Q}_{Soll} der gesamte Soll-Volumenstrom und

$\dot{Q}_{Soll}^{(4,n)}$ die Soll-Teilvolumenströme in den einzelnen Beaufschlagungseinheiten (4.1, 4.2, ...) ist.

[0021] In diesem Falle ist bevorzugt vorgesehen, dass der Soll-Volumenstrom mit einer Regelstrecke geregelt wird, mit der das Volumenstrom-Regelventil in seiner Einstellung verändert wird, vorzugsweise unter Berücksichtigung eines Korrekturwertes zur Durchflussmengeneinstellung.

[0022] Die Kühlwassermenge einer jeden Beaufschlagungseinheit wird gemäß der Vorgabe einer an sich bekannten Kühlstrategie berechnet. Der gesamte Kühlmittelbedarf ergibt sich gemäß obiger Formel aus der Summe der Kühlwassermengen der einzelnen Beaufschlagungseinheiten (1 bis n). Die Kühlwassermenge der einzelnen Beaufschlagungseinheiten kann in den einzelnen Einheiten gleich oder unterschiedlich sein.

[0023] Bevorzugt sind mindestens sechs, besonders bevorzugt mindestens acht Beaufschlagungseinheiten in Förderrichtung des Bandes aufeinander folgend in einer Kühlgruppe angeordnet.

[0024] Das vorgeschlagene Konzept stellt demgemäß darauf ab, vor jede Kühlgruppe ein Volumenstromregelventil zu setzen, welches die gewünschte Durchflussmenge in der Gruppe unabhängig vom Vordruck regelt. Weiterhin sind die Durchmesserhältnisse (Querschnittsverhältnisse) der Zuleitungen zu den Kühlbalken in spezieller Weise gewählt. Hiermit wird gewährleistet, dass das Zu- oder Abschalten von Beaufschlagungseinheiten (gleichgültig in welcher Konstellation) der Gruppe keinerlei Einfluss auf die lokale Durchflussmenge einer einzelnen Beaufschlagungseinheit hat.

[0025] Bevorzugt ist also eine gruppenweise geregelte Kühlstrecke vorgesehen, bei der eine spezifische Beaufschlagungsmenge zwischen 30 und 200 m³/m² h pro Bandseite vorgesehen ist. Das Querschnittsverhältnis zwischen Verteilerrohr/ Kühlbalken beträgt dabei mindestens 1,0, vorzugsweise mindestens 1,5. Das Geschwindigkeitsverhältnis zwischen Verteilerrohr/Beaufschlagungseinheit der oberen Kühlgruppe liegt bevorzugt zwischen 0,6 und 3, 0; dasjenige der unteren Kühlgruppe bevorzugt zwischen 0,2 und 1,0.

[0026] Der Betriebsdruck der oberen Beaufschlagungseinheit beträgt mindestens 0,050 bar, derjenige der unteren Beaufschlagungseinheit mindestens 0,025 bar.

[0027] Mit der vorgeschlagenen Lösung wird eine Kühlanlage zur Kühlung einer Bramme bzw. eines Bandes bereitgestellt, mit der eine verbesserte Kühlwirkung erreicht werden kann.

[0028] Der Durchfluss des Kühlmittels wird direkt gemessen und geregelt, so dass ein vorgegebener Wert des Volumenstroms präzise eingehalten werden kann. Hierzu ist mindestens eine Regelstrecke vorgesehen, um einen Durchflussmengenbereich zu regeln. Hierfür sind mindestens ein Durchflussmesser und mindestens ein Regelventil vorgesehen, die an entsprechenden Positionen der Zuleitung angeordnet sind.

[0029] Hiermit kann die Menge des Kühlmittels sowie die beaufschlagte Fläche variiert werden.

[0030] Die Kühlanlage und deren Kühlleistung werden bevorzugt in ein Prozessmodell eingebunden.

[0031] Mit der vorgeschlagenen Vorrichtung bzw. der entsprechenden Verfahrensweise kann eine Verbesserung hinsichtlich der Regelgenauigkeit und der Regelgeschwindigkeit der Kühlbeaufschlagung erreicht werden (beispielsweise hinsichtlich des „Band-speedup“, der Gefügeeinstellung sowie der Inhomogenität des Bandes).

[0032] In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt. Die einzige Figur zeigt in schematischer Darstellung eine Kühlgruppe einer Laminarkühlvorrichtung, die die Oberseite eines nicht dargestellten Bandes kühlt.

[0033] Die Kühlgruppe einer Laminarkühlvorrichtung **1** umfasst im Ausführungsbeispiel fünf Beaufschlagungseinheiten **4** in Form von Kühlbalken, die in Förderrichtung **F** des (nicht dargestellten) Bandes aufeinanderfolgend angeordnet sind. Vorzugsweise werden **6** bis **8** Beaufschlagungseinheiten **4** zu einer Kühlgruppe zusammengeschlossen. Aus Gründen der vereinfachten Darstellung ist in **Fig. 1** hierauf verzichtet worden. Die Kühlbalken **4** sind mit einer Vielzahl von Kühldüsen **5** versehen, die Kühlmittel von oben auf das (nicht dargestellte) Band aufbringen.

[0034] Die Versorgung mit Kühlmittel erfolgt durch einen zentralen Zulauf **2** von dem aus ein Verteilerrohr **3** mit Kühlmittel gespeist wird. Vom Verteilerrohr **3** gelangt das Kühlmittel zu den Kühlbalken **4**.

[0035] Wesentlich ist, dass im oder vor dem zentralen Zulauf **2** ein Volumenstrom-Regelventil **6** angeordnet ist, mit dem ein definiertes Volumen an Kühlflüssigkeit pro Zeit durch den zentralen Zulauf **2** geleitet wird.

[0036] Der Durchfluss durch den zentralen Zulauf wird mittels der Durchflussmessung **7** direkt gemessen und anhand des Messergebnisses geregelt. Für jeden Durchflussmengenbereich ist jeweils (mindestens) eine Regelstrecke **8** vorgesehen, in der der gemessene Ist-Wert mit dem Soll-Wert verglichen wird und gegebenenfalls mit einem Korrekturwert (Korr.) zur Durchflussmengeneinstellung das Regelventil **6** in seiner Einstellung verändert wird. Je nach der Durchflussmenge sind mindestens ein Durchflussmesser und/oder ein Regelventil an separaten Leitungen eingesetzt.

[0037] Durch Ventile **9** können einzelne Beaufschlagungseinheiten **4.n** in ihrer Durchflussmenge eingestellt, aber auch zu- oder abgeschaltet werden. Da-

durch kann nicht nur die Kühlrate, sondern auch die Beaufschlagungsfläche variiert werden. Alternativ kann das Ventil **9** auch als reines Schaltventil (An/Aus) zur ausschließlichen Einstellung der Schaltfläche ausgebildet sein. Durch die Einbindung in eine Regelung können Veränderungen in der Sollwertvorgabe des Kühlmittelbedarfs hinsichtlich der Kühlrate und/oder der Kühlfläche einzelner Beaufschlagungseinheiten ohne negative Auswirkungen ausgeglichen werden.

[0038] Die Kühlmittelmenge und die Beaufschlagungsfläche können dabei variiert werden. Die Regleinrichtung regelt gegen den Gegendruck (mindestens 40 % des Gesamtdruckverlustes) eine Blende und ermöglicht so eine stufenlose, volumengesteuerte Wassermengenversorgung insbesondere zwischen 40 % und 100 % der Gesamtwassermenge.

[0039] Durch die Durchflussmessung kann der gewünschte Schaltzustand überprüft bzw. in der Automatisierung überwacht werden.

[0040] Zusätzlich kann eine Funktionalität für die Überprüfung der Funktionseinheit der Kühleinrichtung bzw. der Beaufschlagungseinheiten vorgesehen werden. Hierzu kann im Betrieb eine aktive Reaktion im Rahmen eines Prozessmodells ermöglicht werden. Im Wartungszyklus können Fehlfunktionen festgestellt werden.

[0041] Die komplette Wasserwirtschaft kann hierbei eingebunden sein und über die berechneten und eingestellten Wassermengen die Pumpensteuerung vorgenommen werden. So wird nur die zur Kühlaufgabe notwendige Massemenge durch die Pumpen freigegeben.

Bezugszeichenliste

1	Kühlgruppe der Laminarkühlvorrichtung
2	zentraler Zulauf
3	Verteilerrohr
4	Beaufschlagungseinheit (Kühlbalken)
4.1	Beaufschlagungseinheit (Kühlbalken)
4.2	Beaufschlagungseinheit (Kühlbalken)
4.3	Beaufschlagungseinheit (Kühlbalken)
4.4	Beaufschlagungseinheit (Kühlbalken)
4.n	Beaufschlagungseinheit (Kühlbalken)
5	Kühldüse
6	Volumenstrom-Regelventil
7	Durchflussmessung

- 8 Regelstrecke
9 Ventil
F Förderrichtung

Patentansprüche

1. Kühlgruppe einer Laminarkühlvorrichtung (1), von der mindestens eine oberhalb und unterhalb eines zu kühlenden Bandes angeordnet ist, um das Band mit einer Kühlflüssigkeit zu beaufschlagen, umfassend einen zentralen Zulauf (2), über den Kühlflüssigkeit zugeführt wird, ein vom zentralen Zulauf (2) mit Kühlflüssigkeit versorgtes Verteilerrohr (3) und eine Anzahl Beaufschlagungseinheiten (4), die vom Verteilerrohr (3) mit Kühlflüssigkeit versorgt werden, wobei an jeder Beaufschlagungseinheit (4) eine Anzahl Kühldüsen (5) angeordnet ist, über die Kühlflüssigkeit auf das Band ausgebracht wird,

dadurch gekennzeichnet, dass im oder vor dem zentralen Zulauf (2) ein Volumenstrom-Regelventil (6) angeordnet ist, mit dem ein definiertes Volumen an Kühlflüssigkeit pro Zeit durch den zentralen Zulauf (2) geleitet wird.

2. Kühlgruppe einer Laminarkühlvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass diese ausgebildet ist, durch eine oberhalb oder unterhalb des zu kühlenden Bandes angeordnete Vorrichtung einen Volumenstrom zwischen 30 und 200 m³/m² h pro Bandseite zu leiten.

3. Kühlgruppe einer Laminarkühlvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Querschnitt des Verteilerrohrs (3) und der Querschnitt der Beaufschlagungseinheiten (4) in einem Verhältnis von mindestens 1,0 stehen.

4. Kühlgruppe einer Laminarkühlvorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Querschnitt des Verteilerrohrs (3) und der Querschnitt der Beaufschlagungseinheiten (4) in einem Verhältnis von mindestens 1,5 stehen.

5. Kühlgruppe einer Laminarkühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Falle der Anordnung der Laminarkühlvorrichtung (1) oberhalb des zu kühlenden Bandes diese so ausgebildet ist, dass das Verhältnis der Strömungsgeschwindigkeit im Verteilerrohr (3) zur Strömungsgeschwindigkeit in der Beaufschlagungseinheit (4) im Bereich zwischen 0,6 und 3,0 beträgt.

6. Kühlgruppe einer Laminarkühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Falle der Anordnung der Laminarkühlvorrichtung (1) unterhalb des zu kühlenden Bandes diese so ausgebildet ist, dass das Verhältnis der Strömungsgeschwindigkeit im Verteilerrohr (3) zur Strö-

mungsgeschwindigkeit in der Beaufschlagungseinheit (4) im Bereich zwischen 0,2 und 1,0 beträgt.

7. Kühlgruppe einer Laminarkühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Reynolds-Zahl im zentralen Zulauf (2), im Verteilerrohr (3) und/oder in den Beaufschlagungseinheiten (4) zwischen 2.000 und 3.000 liegt.

8. Kühlgruppe einer Laminarkühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie ausgebildet ist, um den Druck in einer oberhalb des Bandes angeordneten Beaufschlagungseinheit (4) oberhalb von 0,05 bar zu halten.

9. Kühlgruppe einer Laminarkühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie ausgebildet ist, um den Druck in einer unterhalb des Bandes angeordneten Beaufschlagungseinheit (4) oberhalb von 0,025 bar zu halten.

10. Kühlgruppe einer Laminarkühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einstellung des Volumenstrom-Regelventil (6) aus der Beziehung

$$\dot{Q}_{Soll} = \sum_{i=1}^n \dot{Q}_{Soll}^{(4.i)}$$

ermittelt wird, wobei

\dot{Q}_{Soll} der gesamte Soll-Volumenstrom und $\dot{Q}_{Soll}^{(4.i)}$ die Soll-Teilvolumenströme in den einzelnen Beaufschlagungseinheiten (4.1, 4.2, ...) ist.

11. Kühlgruppe einer Laminarkühlvorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Soll-Volumenstrom (\dot{Q}_{Soll}) mit einer Regelstrecke (8) geregelt wird, mit der das Volumenstrom-Regelventil (6) in seiner Einstellung verändert wird, vorzugsweise unter Berücksichtigung eines Korrekturwertes (Korr.) zur Durchflussmengeneinstellung.

12. Kühlgruppe einer Laminarkühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens sechs, vorzugsweise mindestens acht Beaufschlagungseinheiten (4) in Förderrichtung (F) des Bandes aufeinander folgend angeordnet sind.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

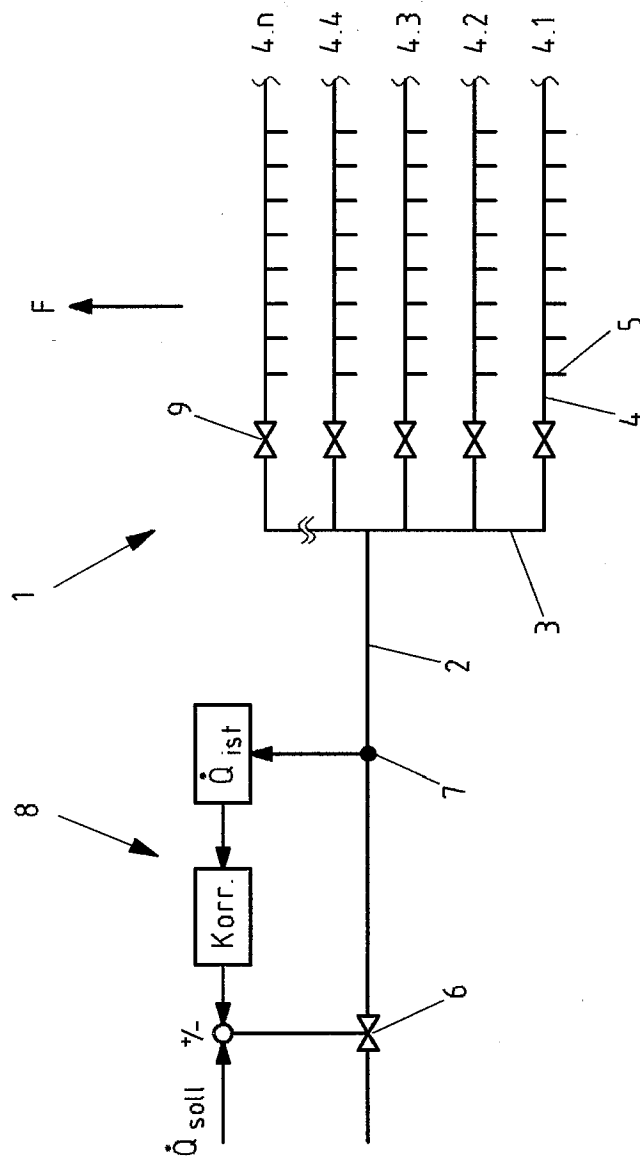


FIG.1