



Europäisches  
Patentamt  
European  
Patent Office  
Office européen  
des brevets



(11)

**EP 3 347 151 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**19.05.2021 Patentblatt 2021/20**

(51) Int Cl.:  
**B22D 11/124** (2006.01)      **B05B 1/08** (2006.01)  
**B22D 11/22** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16757916.8**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2016/070441**

(22) Anmeldetag: **31.08.2016**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2017/042059 (16.03.2017 Gazette 2017/11)**

---

**(54) SEKUNDÄRKÜHLUNG EINES STRANGS IN EINER STRANGGIESSANLAGE**

SECONDARY COOLING OF A STRAND IN A STRAND CASTING SYSTEM

REFROIDISSEMENT SECONDAIRE D'UNE BARRE DE COULÉE CONTINUE DANS UNE  
INSTALLATION DE COULÉE CONTINUE

---

(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**

(30) Priorität: **07.09.2015 AT 507672015  
19.11.2015 AT 509852015**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**18.07.2018 Patentblatt 2018/29**

(60) Teilanmeldung:  
**18179585.7 / 3 417 959**

(73) Patentinhaber: **Primetals Technologies Austria  
GmbH  
4031 Linz (AT)**

(72) Erfinder:

- ENZINGER, Christian  
4060 Leonding (AT)**
- FUERNHAMMER, Thomas  
4431 Haidershofen (AT)**
- STEPANEK, Thomas  
1100 Wien (AT)**
- WAHL, Helmut  
4222 Luftenberg /Donau (AT)**

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

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A1- 2 527 061      EP-A2- 0 851 164  
WO-A1-2016/012471**

---

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Kühlungsvorrichtung und ein Kühlungsverfahren zur Sekundärkühlung eines Strangs in einer Strangführung einer Stranggießanlage.

**[0002]** Beim Stranggießen in einer Stranggießanlage wird in einer Kokille ein metallischer Strang gebildet und anschließend in einer Strangführung geführt und dabei weiter abgekühlt. Die Abkühlung des Strangs in der Strangführung wird als Sekundärkühlung bezeichnet, während eine Kühlung des Strangs in der Kokille Primärkühlung genannt wird. Bei der Sekundärkühlung wird mittels einer Kühlungsvorrichtung auf den Strang in der Regel ein Kühlmittel, beispielsweise Wasser oder ein Wasser-Luft-Gemisch, aufgebracht.

**[0003]** Aus der EP 2 527 061 A1 ist eine Sekundärkühlleinrichtung und ein Kühlungsverfahren zur Sekundärkühlung eines Strangs in einer Stranggießanlage bekannt, bei der die Kühlleistung durch eine PWM Ansteuerung des Tastgrads eines Schaltventils eingestellt wird. Wie das Verhältnis zwischen dem maximalen und dem minimalen Kühlmitteleinzelstrom erhöht und zusätzlich auch bei kleinen Kühlmitteleinzelströmen die Ausbildung eines geeigneten Strahlprofils (insbesondere des Öffnungswinkels des Kühlmittelstrahls aus dem Kühlmittelaußensinn) erreicht werden kann, geht aus der Schrift nicht hervor.

**[0004]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine verbesserte Kühlungsvorrichtung und ein verbessertes Kühlungsverfahren zur Sekundärkühlung eines Strangs in einer Stranggießanlage anzugeben. Insbesondere soll das Verhältnis zwischen der maximal aufbringbaren Kühlmittelmenge und der minimal aufbringbaren Kühlmittelmenge erhöht werden.

**[0005]** Die Aufgabe wird erfindungsgemäß hinsichtlich der Kühlungsvorrichtung durch die Merkmale des Anspruchs 1 und hinsichtlich des Kühlungsverfahrens durch die Merkmale des Anspruchs 10 gelöst.

**[0006]** Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

**[0007]** Eine erfindungsgemäße Kühlungsvorrichtung zur Sekundärkühlung eines Strangs in einer Strangführung einer Stranggießanlage umfasst ein Kühlmittelverteilungssystem mit Leitungssegmenten zur Leitung eines Kühlmittels und mehreren über die Strangführung verteilten Kühlmittelaußensinn zur Ausgabe jeweils eines Kühlmitteleinzelstroms auf den Strang, wenigstens ein Schaltventil, mit dem wenigstens ein Kühlmitteleinzelstrom ein- und abschaltbar ist, eine Steuereinheit, die zu einer Pulsweitenmodulation wenigstens eines Kühlmitteleinzelstroms in einem Strombereich für einen zeitlichen Mittelwert des Kühlmitteleinzelstroms durch eine pulsweitenmodulierte Ansteuerung eines Schaltventils ausgebildet ist und einen Regelkreis zur Regelung eines Kühlmitteldrucks oder Kühlmittelstroms in dem Kühlmittelverteilungssystem.

**[0008]** Die Kühlungsvorrichtung ermöglicht also, einen in einer Stranggießanlage hergestellten Strang durch

pulsweitenmodulierte Kühlmitteleinzelströme zu kühlen, die von über eine Strangführung verteilten Kühlmittelaußensinn ausgegeben werden. Dabei wird die Pulsweitenmodulation in einem Strombereich für einen zeitlichen Mittelwert eines Kühlmitteleinzelstroms realisiert. Bei der Pulsweitenmodulation eines Kühlmitteleinzelstroms verschwindet der Kühlmitteleinzelstrom während eines Teils jeder Taktperiode der Pulsweitenmodulation und nimmt während des anderen Teils jeder Taktperiode einen konstanten, von Null verschiedenen Strompuls Wert an. Dieser Strompuls Wert ist daher größer als der zeitliche Mittelwert des pulsweitenmodulierten Kühlmitteleinzelstroms.

**[0009]** Dies ist insbesondere vorteilhaft, wenn der einzustellende zeitliche Mittelwert so klein ist, dass ein un gepulster, d. h. zeitlich konstanter Kühlmitteleinzelstrom, der diesen Mittelwert erzeugen würde, ein vorgesehenes Strahlprofil eines von dem Kühlmitteleinzelstrom erzeugten Kühlmittelstrahls aufgrund eines zu geringen Kühlmitteldrucks nicht realisieren kann. Das Strahlprofil, insbesondere ein Öffnungswinkel des Kühlmittelstrahls, ist nämlich wesentlich für die Größe des von dem Kühlmittelstrahl benetzten Bereiches des Strangs und damit für die Kühlwirkung des Kühlmittelstrahls. Zur Erzeugung eines vorgesehenen Strahlprofils werden die Kühlmittelaußensinn vorzugsweise von entsprechenden Auslassdüsen gebildet. Die Größe des Kühlmitteleinzelstroms korrespondiert zu einem Kühlmitteldruck, der bei zu kleinem Kühlmitteleinzelstrom nicht zur Erzeugung des vorgesehenen Strahlprofils ausreicht.

**[0010]** Daher wird eine Pulsweitenmodulation eines Kühlmitteleinzelstroms vorzugsweise in einem Strombereich durchgeführt, der von einem Schwellenstrom begrenzt wird, bei dem der Kühlmitteldruck nicht mehr ausreichen würde, bei einem vollständig geöffneten Schaltventil ein vorgesehenes Strahlprofil eines von dem Kühlmitteleinzelstrom erzeugten Kühlmittelstrahls zu realisieren. Durch die Pulsweitenmodulation des Kühlmitteleinzelstroms können mit Strompuls Werten, die größer als der Schwellenstrom sind, Mittelwerte des Kühlmitteleinzelstroms realisiert werden, die kleiner als der Schwellenstrom sind. Mit anderen Worten können Kühlmitteleinzelströme realisiert werden, deren zeitliche Mittelwerte kleiner als der Schwellenstrom sind und die dennoch ein vorgesehenes Strahlprofil des Kühlmittelstrahls erzeugen, da die Strompuls Werte größer als der Schwellenstrom sind.

**[0011]** Durch die Pulsweitenmodulation insbesondere von Kühlmitteleinzelströmen, deren zeitliche Mittelwerte kleiner als der Schwellenstrom sind, können daher Kühlmittelstrahlen eines vorgesehenen Strahlprofils über ein größeres Stromwertintervall als bei einer ausschließlichen Verwendung ungepulster Kühlmitteleinzelströme realisiert werden, d. h. die Kühlungsvorrichtung kann in einem größeren Betriebsfenster, das durch dieses Stromwertintervall definiert ist, betrieben werden.

**[0012]** Oberhalb des Schwellenstroms können ungepulste Kühlmitteleinzelströme durch Regelung eines

Kühlmitteldrucks oder Kühlmittelstroms in dem Kühlmittelverteilungssystem mit dem Regelkreis erzeugt werden.

**[0013]** Die Erfindung ermöglicht auch, das Betriebsfenster bereits existierender herkömmlicher Kühlungsvorrichtungen in relativ einfacher und kostengünstiger Weise zu erweitern, d. h. diese Kühlungsvorrichtungen derart umzugestalten, dass Kühlmittelstrahlen eines vorgesehenen Strahlprofils über ein größeres Stromwertintervall der Kühlmitteleinzelströme realisiert werden können. Dazu brauchen lediglich Schaltventile und eine mit den Schaltventilen verbundene Steuereinheit zur pulsweitenmodulierten Ein- und Abschaltung von Kühlmitteleinzelströmen eingebaut werden, beispielsweise indem existierende herkömmliche Leitungssegmente durch Leitungssegmente mit Schaltventilen ersetzt und die Schaltventile mit der Steuereinheit über (im Vergleich zu Kühlmittelröhren kostengünstige) Steuerleitungen verbunden werden, ohne das Kühlmittelverteilungssystem als Ganzes aufwändig zu verändern oder zu ersetzen. Eine derartige Umgestaltung kann zudem vorteilhaft schrittweise erfolgen, so dass der Betrieb der Stranggießanlage jeweils nur für relativ kurze Umbauzeiten unterbrochen werden muss.

**[0014]** Als Schaltventile eignen sich beispielsweise pneumatisch oder elektrisch oder elektromagnetisch oder hydraulisch schaltbare Ventile. Derartig ausgebildete Schaltventile sind vorteilhaft kommerziell verfügbar und ermöglichen eine kostengünstige Realisierung ein- und abschaltbarer Kühlmitteleinzelströme.

**[0015]** Wie oben bereits erwähnt wurde, werden die Kühlmittelauslässe vorzugsweise jeweils von einer Auslassdüse gebildet. Eine Weitergestaltung dieser Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass wenigstens eine Auslassdüse eine austauschbare Düsen spitze aufweist.

**[0016]** Durch von Auslassdüsen gebildete Kühlmittelauslässe können vorteilhaft zur Strangkühlung besonders geeignete Strahlprofile der von den Kühlmittelauslässen abgegebenen Kühlmittelstrahlen erzeugt werden. Auslassdüsen mit austauschbaren Düsen spitzen ermöglichen vorteilhaft, diese Strahlprofile erforderlichenfalls in einfacher Weise durch den Austausch der Düsen spitzen zu verändern.

**[0017]** Weitere Ausgestaltungen der Erfindungen sehen vor, dass entweder mit jedem Schaltventil genau ein Kühlmitteleinzelstrom oder mit wenigstens einem Schaltventil mehrere Kühlmitteleinzelströme ein- und abschaltbar sind.

**[0018]** Schaltventile, mit denen jeweils genau ein Kühlmitteleinzelstrom ein- und abschaltbar ist, sind schneller schaltbar als gleichartige Schaltventile für jeweils mehrere Kühlmitteleinzelströme und ermöglichen dadurch eine höhere Taktfrequenz der Pulsweitenmodulation der Kühlmitteleinzelströme. Ferner ermöglichen sie durch eine individuelle Ansteuerung der Schaltventile eine flexiblere Steuerung der Kühlung und reduzieren die Auswirkungen eines Ausfalls eines einzelnen Schaltventils. Schaltventile für jeweils mehrere Kühlmitteleinzelströme

reduzieren dagegen vorteilhaft die Anzahl der benötigten Schaltventile und damit die Kosten und den Aufwand zur Realisierung der Kühlungsvorrichtung gegenüber Schaltventilen für jeweils einen Kühlmitteleinzelstrom. 5 Es hängt daher von den jeweiligen Anforderungen an die Kühlungsvorrichtung ab, ob Schaltventile für jeweils einen Kühlmitteleinzelstrom oder mehrere Kühlmitteleinzelströme vorteilhafter sind.

**[0019]** Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sehen 10 wenigstens eine Längsreihe mehrerer entlang einer Transportrichtung des Strangs hintereinander angeordneter Kühlmittelauslässe und/oder wenigstens eine Querreihe mehrerer quer zu einer Transportrichtung des Strangs nebeneinander angeordneter Kühlmittelauslässe 15 vor.

**[0020]** Diese Ausgestaltungen ermöglichen vorteilhaft eine über einen Abschnitt einer Strangführung gleichmäßig verteilte Sekundärkühlung eines Strangs, insbesondere wenn die Kühlungsvorrichtung jeweils mehrere Längs- und Querreihen von Kühlmittelauslässen aufweist.

**[0021]** Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht 20 eine Druckerfassungsvorrichtung zur Erfassung eines Kühlmitteldrucks oder einen Durchflussmesser zur Erfassung eines Kühlmittelstroms in dem Kühlmittelverteilungssystem vor.

**[0022]** Eine derartige Druckerfassungsvorrichtung ermöglicht vorteilhaft eine Analyse und Überprüfung von 25 Funktionen der Kühlungsvorrichtung, beispielsweise die Ermittlung eines Verstopfungsgrades von Kühlmittelauslässen, durch eine Auswertung der von der Druckerfassungsvorrichtung erfassten Signale. Außerdem kann ein Ist-Wert eines Kühlmitteldrucks oder Kühlmittelstroms zur Regelung des Kühlmitteldrucks oder Kühlmittelstroms im Kühlmittelverteilungssystem erfasst werden.

**[0023]** Bei einem erfindungsgemäßen Kühlungsverfahren zur Sekundärkühlung eines Strangs in einer Strangführung einer Stranggießanlage durch eine erfindungsgemäße Kühlungsvorrichtung werden ein Schwellenstrom  $Q_s$  für zeitliche Mittelwerte  $\bar{Q}$  von zumindest einem Kühlmitteleinzelstrom und ein unterhalb des Schwellenstroms oder gleich dem Schwellenstrom liegender Strombereich  $\Delta Q$  vorgegeben. Für den Strombereich  $\Delta Q$  gilt  $\Delta Q = [0, Q_s]$ . In dem Strombereich liegende 40 zeitliche Mittelwerte von Kühlmitteleinzelströmen mit  $0 \leq \bar{Q} \leq Q_s$  werden erzeugt, indem ein Kühlmitteldruck in dem Kühlmittelverteilungssystem auf einen konstanten Druckwert eingestellt wird und jeder Kühlmitteleinzelstrom durch eine pulsweitenmodulierte Ansteuerung eines Schaltventils mit einem von dem zu erzeugenden Mittelwert abhängigen Tastgrad pulsweitenmoduliert wird. Außerhalb des Strombereichs liegende zeitliche Mittelwerte von Kühlmitteleinzelströmen mit  $\bar{Q} > Q_s$  werden erzeugt, indem die Schaltventile dieser Kühlmitteleinzelströme geöffnet werden und der Kühlmitteldruck oder ein Kühlmittelstrom in dem Kühlmittelverteilungssystem mit dem Regelkreis auf einen von den zu erzeu-

50 55

genden Kühlmitteleinzelströmen abhängigen Sollwert geregelt wird.

**[0024]** Mit dem Kühlungsverfahren wird die oben bereits erwähnte vorteilhafte Vergrößerung des Betriebsfensters der Kühlungsvorrichtung gegenüber einer Verwendung ungepulster Kühlmitteleinzelströme realisiert.

**[0025]** Eine Ausgestaltung des Kühlungsverfahrens sieht vor, dass mehrere Kühlmitteleinzelströme in dem Strombereich für ihre zeitlichen Mittelwerte derart pulsweitenmoduliert werden, dass ein von allen diesen Kühlmitteleinzelströmen zusammen gebildeter Kühlmittelgesamtstrom zeitlich konstant ist.

**[0026]** Diese Ausgestaltung der Erfindung sieht also eine zeitversetzte Ein- und Abschaltung von Kühlmitteleinzelströmen bei deren Pulsweitenmodulation vor, um einen von allen diesen Kühlmitteleinzelströmen gebildeten Kühlmittelgesamtstrom zeitlich konstant zu halten. Dadurch kann vorteilhaft ein gleichmäßiger von der Kühlungsvorrichtung auf den Strang abgegebener Kühlmittelgesamtstrom erzeugt werden, auch wenn die von den einzelnen Kühlmittelauslässen abgegebenen Kühlmitteleinzelströme jeweils pulsweitenmoduliert werden.

**[0027]** Eine weitere Ausgestaltung des Kühlungsverfahrens sieht vor, dass mehrere Kühlmitteleinzelströme in dem Strombereich für ihre zeitlichen Mittelwerte derart pulsweitenmoduliert werden, dass ein von allen diesen Kühlmitteleinzelströmen zusammen gebildeter Kühlmittelgesamtstrom auf einen Sollwert geregelt wird. Dabei wird ein Istwert des Kühlmittelgesamtstroms ermittelt und ein Tastgrad und eine Periodenlänge einer Taktperiode der Pulsweitenmodulation werden in Abhängigkeit von einer Abweichung des ermittelten Istwertes von dem Sollwert geregelt.

**[0028]** Diese Ausgestaltung der Erfindung ermöglicht vorteilhaft eine Regelung eines von mehreren Kühlmittelauslässen ausgegebenen Kühlmittelgesamtstroms auf einen vorgebbaren Sollwert durch Einstellen des Tastgrades und der Periodenlänge der Pulsweitenmodulation der Kühlmitteleinzelströme. Um den Istwert des Kühlmittelgesamtstroms zu ermitteln, werden beispielsweise jeweils Kühlmitteldrücke in Leitungssegmenten, über die Kühlmitteleinzelströme ausgegeben werden, erfasst und daraus mittels Strom-Druck-Kennlinien auf die jeweils ausgegebenen Kühlmitteleinzelströme geschlossen. Der Istwert des Kühlmittelgesamtstroms wird dann als Summe dieser Kühlmitteleinzelströme, jeweils multipliziert mit dem jeweiligen Tastgrad der Pulsweitenmodulation, gebildet.

**[0029]** Eine weitere Ausgestaltung des Kühlungsverfahrens sieht vor, dass eine Auswahl von Kühlmittelauslässen, durch die Kühlmitteleinzelströme ausgegeben werden, in Abhängigkeit von einer Breite des Strangs getroffen wird.

**[0030]** Dadurch kann die Kühlung eines Strangs vorteilhaft seiner Breite angepasst werden. Durch Kühlmittelauslässe, die zur Kühlung eines Strangs nicht benötigt werden, da sie sich neben der Strangoberfläche befinden, werden dabei beispielsweise nur jeweils Ausblasluft

in einer Pulspause oder ein kurzer Wasserpuls abgegeben, um ein Verstopfen dieser Kühlmittelauslässe zu verhindern.

**[0031]** Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass ein Kühlmitteldruck in dem Kühlmittelverteilungssystem erfasst und zur Ermittlung eines Verstopfungsgrades wenigstens eines Kühlmittelauslasses ausgewertet wird.

**[0032]** Dadurch kann vorteilhaft eine Fehlfunktion der Kühlungsvorrichtung durch eine Verstopfung von Kühlmittelauslässen, die eine mangelnde Kühlung des Strangs zur Folge hat, erkannt werden.

**[0033]** Um bei verschiedenen Gießgeschwindigkeiten denselben Bereich des Strangs durch einen Kühlmittelauslass zu beaufschlagen, ist es vorteilhaft, wenn die Taktfrequenz  $f = 1/T$  proportional zur Gießgeschwindigkeit der Stranggießanlage eingestellt wird. Beispielsweise bewegt sich ein Strang, der mit einer Gießgeschwindigkeit von 0,05 m/s die Sekundärkühlung durchläuft, und durch einen Kühlmittelauslass bei einer Taktfrequenz von 0,5 Hz und einem Tastgrad D von 50% gekühlt wird, während eines einzelnen Kühlzyklusses um 0,05 m weiter. Wird nun die Gießgeschwindigkeit auf 0,1 m/s verdoppelt und der Tastgrad D bei 50% konstant gehalten, so muss die Taktfrequenz auf 1 Hz ebenfalls verdoppelt werden, sodass sich der Strang während eines einzelnen Kühlzyklusses wiederum um 0,05 m weiterbewegt.

**[0034]** Außerdem hat es sich als günstig erwiesen, wenn der Tastgrad D bei unterschiedlichen Gießgeschwindigkeiten konstant gehalten wird, jedoch der Kühlmitteleinzelstrom (Q) durch einen Kühlmittelauslasses (21) proportional zur Gießgeschwindigkeit eingestellt wird. Dies führt dazu, dass bei einer Verdoppelung der Gießgeschwindigkeit bei gleicher Taktfrequenz und gleichem Tastgrad der Kühlmittelstrom verdoppelt werden muss um im selben Kühlzyklus dieselbe Kühlmittelmenge auszubringen.

**[0035]** Wird hingegen nicht ein Kühlmitteleinzelstrom sondern der Kühlmitteldruck eingestellt, so ist es günstig, wenn wiederum der Tastgrad D bei unterschiedlichen Gießgeschwindigkeiten konstant gehalten und der Kühlmitteldruck (P) proportional zum Quadrat der Gießgeschwindigkeit eingestellt wird. Dies führt dazu, dass bei einer Verdoppelung der Gießgeschwindigkeit bei gleicher Taktfrequenz und gleichem Tastgrad der Kühlmitteldruck vervierfacht werden muss um im selben Kühlzyklus dieselbe Kühlmittelmenge auszubringen.

**[0036]** Um auch bei unterschiedlichen Kühlmitteldrücken bzw. -strömen ein gleichmäßiges Strahlprofil, idealerweise einen konstanten Öffnungswinkel, eines Kühlmittelstrahls zu erreichen, ist es vorteilhaft, wenn der Kühlmitteldruck oder der Kühlmittelstrom im Kühlmittelverteilungssystem derart eingestellt wird, dass sich im Kühlmittelauslass eine turbulente Strömung mit  $Re > 2300$  einstellt.

**[0037]** Die Reynoldszahl  $Re$  (z.B. [de.wikipedia.org/wiki/ReynoldsZahl](https://de.wikipedia.org/wiki/ReynoldsZahl))

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu},$$

wobei  $v$  die Strömungsgeschwindigkeit des Kühlmittels im Kühlmittelauslass,  $d$  die charakteristische Länge des Kühlmittelauslasses und  $\nu$  die kinematische Viskosität des Kühlmittels angibt, ist ein dimensionsloses Maß für die Strömungsbedingungen im Kühlmittelauslass. Es gilt somit, dass sich bei identischen Reynoldszahlen auch identische Strahlprofile ergeben.

**[0038]** Der Schwellenwert  $Q_S$  wird vorzugsweise derart gewählt, dass sich für jeden Kühlmitteleinzelstrom durch den jeweiligen Kühlmittelauslass eine turbulente Strömung einstellt. Eine erfindungsgemäße Stranggießanlage umfasst eine Kokille zur Bildung eines Strangs, eine Oszillationseinrichtung zum Bewegen der Kokille gegenüber des Strangs, eine Strangführung zum Stützen und Führung des Strangs und eine erfindungsgemäße Kühlungsvorrichtung zur Sekundärkühlung des Strangs mit den oben bereits genannten Vorteilen. Dabei weist die Kokille eine Breitenverstellung zur Einstellung einer Breite des Strangs auf und die Strangführung weist vorzugsweise eine Gießdickenverstellung zur Einstellung einer Dicke des Strangs auf. Dadurch können vorteilhaft Stränge verschiedener Breiten und Dicken erzeugt werden. Durch die Oszillationseinrichtung können vorteilhaft Bewegungen der Kokille, insbesondere oszillierende Bewegungen der Kokille, erzeugt werden, damit der Strang nicht an einer Innenoberfläche der Kokille anhaftet.

**[0039]** 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 von Ausführungsbeispielen, die im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden. Dabei zeigen:

FIG 1 schematisch einen Ausschnitt einer Stranggießanlage in einer Seitenansicht,

FIG 2 schematisch ein erstes Ausführungsbeispiel einer Kühlungsvorrichtung zur Sekundärkühlung eines Strangs in einer Stranggießanlage in einer perspektivischen Darstellung,

FIG 3 eine perspektivische Darstellung eines Leitungsendsegments einer Kühlungsvorrichtung zur Sekundärkühlung eines Strangs in einer Stranggießanlage,

FIG 4 schematisch ein zweites Ausführungsbeispiel einer Kühlungsvorrichtung zur Sekundärkühlung eines Strangs in einer Stranggießanlage in einer perspektivischen Darstellung,

FIG 5 ein Diagramm eines Kühlmitteldrucks in Ab-

hängigkeit von einem Kühlmitteleinzelstrom einer Auslassdüse,

FIG 6 ein Diagramm eines zeitlichen Verlaufs eines pulsweitenmodulierten Kühlmitteleinzelstroms einer Auslassdüse,

FIG 7 diagrammatisch zeitliche Verläufe von pulsweitenmodulierten Kühlmittelströmen, die von einer Kühlungsvorrichtung zur Sekundärkühlung eines Strangs in einer Stranggießanlage ausgegeben werden,

FIG 8 einen Tastgrad  $D$  einer Pulsweitenmodulation eines Kühlmitteleinzelstroms in Abhängigkeit von dem Mittelwert des Kühlmitteleinzelstroms, und

FIG 9 einen Regelkreis zur Regelung eines Kühlmitteldrucks oder Kühlmittelstroms in einem Kühlmittelverteilungssystem.

**[0040]** Einander entsprechende Teile sind in allen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

**[0041]** Figur 1 zeigt schematisch einen Ausschnitt einer Stranggießanlage 1 in einer Seitenansicht. Dargestellt sind eine Kokille 3, eine Oszillationseinrichtung 4 zum Bewegen der Kokille 3 gegenüber eines Strangs 9, eine der Kokille 3 nachgeordnete Strangführung 5 und eine Kühlungsvorrichtung 7 der Stranggießanlage 1. Um die Komplexität der Figur nicht unnötig zu erhöhen, wurden die Strangführungsrollen 13 oberhalb des Strangs 9 sowie die Leitungssegmente 17.1 und die Kühlmittelauslässe 21 unterhalb des Strangs 9 nicht dargestellt. Dem Fachmann ist bekannt, dass ein Strang nach dem Austritt aus einer Kokille in der Sekundärkühlung typischerweise durch Strangführungsrollen ober- und unterhalb des Strangs geführt wird sowie die oben- und untenliegenden Breitseiten des Strangs gekühlt werden.

**[0042]** Der Kokille 3 wird eine metallische Schmelze zugeführt, aus der mit der Kokille 3 der metallische Strang 9 gebildet wird, der mit der Strangführung 5 geführt und entlang einer Transportrichtung 11 transportiert wird. Mit der Oszillationseinrichtung 4 werden Bewegungen der Kokille 4, insbesondere oszillierende Bewegungen (die Bewegungsrichtung ist durch einen Pfeil dargestellt) der Kokille 4, erzeugt, damit der Strang 9 nicht an einer Innenoberfläche der Kokille anhaftet. Die Strangführung 5 weist mehrere Strangführungsrollen 13 zur Stützung des Strangs 9 auf.

**[0043]** Die Kokille 3 weist eine Breitenverstellung zur Einstellung einer Breite des Strangs 9 aufweist, so dass mit der Kokille 3 Stränge 9 unterschiedlicher Breiten erzeugbar sind. Die Strangführung 5 weist eine Gießdickenverstellung zur Einstellung einer Dicke des Strangs 9 auf, so dass mit der Strangführung 5 Stränge 9 verschiedener Dicken erzeugbar sind.

**[0044]** Die Kühlungsvorrichtung 7 dient der Sekundärkühlung des Strangs 9 in der Strangführung 5. Die Küh-

lungsvorrichtung 7 umfasst ein Kühlmittelverteilungssystem 15 mit Leitungssegmenten 17.1 bis 17.4 zur Leitung eines Kühlmittels 19 und mehreren über die Strangführung 5 verteilten Kühlmittelauslässen 21 zur Ausgabe von Kühlmittel 19 auf den Strang 9. Anhand der Figuren 2 bis 4 werden unten verschiedene Ausführungsbeispiele von Kühlungsvorrichtungen 7 näher beschrieben. Das Kühlmittel 19 ist beispielsweise Wasser.

**[0045]** Die in Figur 1 dargestellte Stranggießanlage 1 ist zum so genannten horizontalen Stranggießen ausgebildet, bei dem der Strang 9 horizontal aus der Kokille 3 zu der Strangführung 5 ausgegeben wird. Die Erfindung, insbesondere eine erfindungsgemäße Kühlungsvorrichtung 7, ist jedoch nicht auf Stranggießanlagen 1 zum horizontalen Stranggießen beschränkt, sondern betrifft insbesondere auch Stranggießanlagen 1, die zum so genannten vertikalen Stranggießen ausgebildet sind, bei dem der Strang 9 vertikal durch eine Bodenöffnung der Kokille 3 aus der Kokille 3 zu der Strangführung 5 ausgegeben wird und die Strangführung 5 gebogen ausgeführt ist, so dass der Strang 9 entlang der Strangführung 5 von einer horizontalen in eine vertikale Lage gebracht wird.

**[0046]** Figur 2 zeigt schematisch ein erstes Ausführungsbeispiel einer Kühlungsvorrichtung 7 zur Sekundärkühlung eines Strangs 9 in einer Stranggießanlage 1 in einer perspektivischen Darstellung. Dabei ist nur ein Abschnitt des Strangs 9 dargestellt, der sich im Bereich der Kühlungsvorrichtung 7 befindet. Ferner ist von diesem Abschnitt des Strangs 9 und von dem Kühlmittelverteilungssystem 15 der Kühlungsvorrichtung 7 nur jeweils ein Bereich dargestellt, der sich über eine Hälfte einer Breite des Strangs 9 von einem seitlichen Strangrand 9.1 des Strangs 9 bis zu einer parallel zur Transportrichtung 11 verlaufenden Mittelachse 9.2 des Strangs 9 erstreckt. Über die andere Hälfte der Breite des Strangs 9 erstreckt sich ein weiterer Bereich des Kühlmittelverteilungssystems 15, der ebenso ausgebildet ist wie der in Figur 2 dargestellte Bereich, wobei diese beiden Bereiche spiegelsymmetrisch sind bezüglich einer Spiegelung an einer Spiegelebene, die die Mittelachse 9.2 enthält und senkrecht zu einer Strangoberfläche 9.3 des Strangs 9 ist.

**[0047]** Die Kühlmittelauslässe 21 des Kühlmittelverteilungssystems 15 bilden mehrere Längsreihen entlang der Transportrichtung 11 des Strangs 9 hintereinander angeordneter Kühlmittelauslässe 21. Dabei sind die Längsreihen quer zu der Transportrichtung 11 des Strangs 9 nebeneinander angeordnet, so dass Kühlmittelauslässe 21 verschiedener Längsreihen Querreihen quer zu der Transportrichtung 11 nebeneinander angeordneter Kühlmittelauslässe 21 bilden.

**[0048]** Im in Figur 2 dargestellten Ausführungsbeispiel weist das Kühlmittelverteilungssystem 15 acht nebeneinander angeordnete Längsreihen von Kühlmittelauslässen 21 auf, wobei jede Längsreihe vier Kühlmittelauslässe 21 aufweist. Alternative Ausführungsbeispiele weisen eine von acht verschiedene Anzahl nebeneinander an-

geordneter Längsreihen von Kühlmittelauslässen 21 oder/und wenigstens eine Längsreihe mit einer von Vier verschiedenen Anzahl von Kühlmittelauslässen 21 auf.

**[0049]** Jeder Kühlmittelauslass 21 bildet ein dem Strang 9 zugewandtes Ende eines Leitungsendsegments 17.1, das senkrecht zu der Strangoberfläche 9.3 verläuft. Für jede Längsreihe von Kühlmittelauslässen 21 weist das Kühlmittelverteilungssystem 15 ein parallel zur Transportrichtung 11 verlaufendes Leitungslängssegment 17.2 auf, das die diese Kühlmittelauslässe 21 aufweisenden Leitungsendsegmente 17.1 miteinander verbindet. Das Kühlmittelverteilungssystem 15 weist ferner ein quer zur Transportrichtung 11 verlaufendes Leitungsquersegment 17.4 auf, das mit jedem Leitungslängssegment 17.2 über jeweils ein senkrecht zur Strangoberfläche 9.3 verlaufendes Leitungszwischensegment 17.3 verbunden ist. Jedes Leitungsendsegment 17.1 weist ferner zur Ausgabe von Kühlmittel 19 eine Auslassdüse 33 mit dem Kühlmittelauslass 21 auf, siehe dazu Figur 3.

**[0050]** In jedem Leitungsendsegment 17.1 ist ein Schaltventil 23 angeordnet, mit dem eine Kühlmittelzufuhr von Kühlmittel 19 zu dem Kühlmittelauslass 21 dieses Leitungsendsegments 17.1 unterbrechbar ist. Jedes Schaltventil 23 ist dabei als ein Auf-/Zu-Ventil ausgebildet, das zwei Betriebszustände aufweist, wobei das Schaltventil 23 in einem ersten Betriebszustand die Kühlmittelzufuhr zu dem Kühlmittelauslass 21 freigibt und in dem zweiten Betriebszustand die Kühlmittelzufuhr zu dem Kühlmittelauslass 21 sperrt. Eine Veränderung des Betriebszustands eines Schaltventils 23 wird hier als Schalten des Schaltventils 23 bezeichnet; ein Schalten von dem ersten in den zweiten Betriebszustand wird als Schließen des Schaltventils 23 bezeichnet und ein Schalten von dem zweiten in den ersten Betriebszustand wird als Öffnen des Schaltventils 23 bezeichnet. Durch jedes Schaltventil 23 ist also genau ein Kühlmitteleinzelstrom Q ein- und abschaltbar, der von einem Kühlmittelauslass 21 ausgegeben wird.

**[0051]** Die Schaltventile 23 sind über Steuerleitungen 25.1 bis 25.4 mit einer Steuereinheit 27 verbunden und durch die Steuereinheit 27 schaltbar. Dabei verbindet jede Steuerleitung 25.1 bis 25.4 die Schaltventile 23 einer Längsreihe von Kühlmittelauslässen 21 mit der Steuereinheit 27. Die Steuerleitungen 25.1 bis 25.4 können zumindest abschnittsweise in Rohren von Leitungssegmenten 17.1 bis 17.4 verlaufen, vgl. die Beschreibung von Figur 3 unten.

**[0052]** Die Schaltventile 23 sind als pneumatisch oder elektrisch oder elektromagnetisch oder hydraulisch schaltbare Ventile ausgebildet. Entsprechend sind die Steuerleitungen 25.1 bis 25.4 im Falle pneumatisch schaltbarer Schaltventile 23 pneumatische Druckluftleitungen, im Falle elektrisch oder elektromagnetisch schaltbarer Schaltventile 23 elektrische Leitungen und im Falle hydraulisch schaltbarer Schaltventile 23 Hydraulikflüssigkeitsleitungen.

**[0053]** Die Steuereinheit 27 ist dazu ausgebildet, die Schaltventile 23 in einer unten beschriebenen Weise zu

schalten.

**[0054]** Die Kühlungsvorrichtung 7 umfasst ferner eine Druckerfassungsvorrichtung 29 zur Erfassung des Kühlmitteldrucks P in dem Kühlmittelverteilungssystem 15. Die von der Druckerfassungsvorrichtung 29 erfassten Signale werden über eine Drucksignalleitung 31 der Steuereinheit 27 zugeführt. Die Steuereinheit 27 wertet diese Signale zu einer Analyse und Überprüfung von Funktionen der Kühlungsvorrichtung 7, beispielsweise zur Ermittlung eines Verstopfungsgrades der Kühlmittelauslässe 21, aus.

**[0055]** Figur 3 zeigt eine perspektivische Darstellung eines Leitungsendsegments 17.1. Das Leitungsendsegment 17.1 umfasst ein Segmentrohr 35, einen Verbindungsflansch 37, ein Schaltventil 23 und eine Auslassdüse 33.

**[0056]** Der Verbindungsflansch 37 ist an einem ersten Ende des Segmentrohrs 35 angeordnet und mit einem Leitungslängssegment 17.2 verbindbar. An dem zweiten Ende des Segmentrohrs 35 ist das Schaltventil 23 angeordnet, das auf dieses Ende des Segmentrohrs 35 beispielsweise durch eine Rohr-Ventil-Schraubverbindung 39, die von einem Außengewinde an der Außenoberfläche des Segmentrohrs 35 und einem korrespondierenden Innengewinde des Schaltventils 23 gebildet wird, aufschraubbar ist.

**[0057]** Die Auslassdüse 33 weist eine Düsenspitze 33.1 mit einem Kühlmittelauslass 21 und einen Düsengrundkörper 33.2 auf. Der Düsengrundkörper 33.2 ist an dem Schaltventil 23 angeordnet und auf das Schaltventil 23 beispielsweise durch eine Ventil-Düse-Schraubverbindung 41, die von einem Außengewinde an der Außenoberfläche des Schaltventils 23 und einem korrespondierenden Innengewinde des Düsengrundkörpers 33.2 gebildet wird, aufschraubbar. Die Düsenspitze 33.1 ist an dem Düsengrundkörper 33.2 angeordnet. Beispielsweise weist der Düsenkörper 33.2 ein Innengewinde auf, das zu einem Außengewinde der Düsenspitze 33.1 korrespondiert, so dass die Düsenspitze 33.1 lösbar mit dem Düsenkörper 33.2 verbindbar ist. Dadurch kann durch einen Wechsel der Düsenspitze 33.1 vorteilhaft ein Strahlprofil eines von der Auslassdüse 33 ausgegebenen Kühlmittelstrahls verändert werden.

**[0058]** Das Segmentrohr 35 dient der Führung von Kühlmittel 19 zu dem Kühlmittelauslass 21 und der Führung eines Endabschnitts einer Steuerleitung 25.1 bis 25.4 zu dem Schaltventil 23. Dazu weist das Segmentrohr 35 beispielsweise ein Außenrohr und ein in dem Außenrohr verlaufendes Innenrohr auf, wobei zwischen dem Außenrohr und dem Innenrohr Kühlmittel 19 geführt wird und das Innenrohr den Endabschnitt einer Steuerleitung 25.1 bis 25.4 bildet oder umgibt. Der Verbindungsflansch 37 weist zwei Flanschöffnungen 37.1, 37.2 auf, wobei eine erste Flanschöffnung 37.1 der Zuführung von Kühlmittel 19 in das Segmentrohr 35 dient und die zweite Flanschöffnung 37.2 der Führung der Steuerleitung 25.1 bis 25.4 in das Segmentrohr 35 dient. Der Verbindungsflansch 37 weist ferner einen zwischen den

Flanschöffnungen 37.1, 37.2 angeordneten Zentrierungsbolzen 42 auf, um das Leitungsendsegment 17.1 einfacher montieren und ausrichten zu können.

**[0059]** Figur 4 zeigt schematisch ein zweites Ausführungsbeispiel einer Kühlungsvorrichtung 7 zur Sekundärkühlung eines Strangs 9 in einer Stranggießanlage 1 in einer zu Figur 2 analogen perspektivischen Darstellung. Das in Figur 4 dargestellte Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von dem in den Figuren 2 und 3 dargestellten Ausführungsbeispiel dadurch, dass nicht in den Leitungsendsegmenten 17.1 jeweils ein Schaltventil 23 für einen Kühlmittelauslass 21 angeordnet ist, sondern dass für jede Längsreihe von Kühlmittelauslässen 21 nur jeweils ein über eine Steuerleitung 25.1 bis 25.4 mit der Steuereinheit 27 verbundenes Schaltventil 23 in einem Leitungzwischensegment 17.3 angeordnet ist, so dass durch jedes dieser Schaltventile 23 eine Kühlmittelzufuhr von dem Leitungsquersegment 17.4 zu einem Leitungslängssegment 17.2 und allen damit verbundenen Leitungsendsegmenten 17.1 unterbrechbar ist. Ferner ist im Unterschied zu dem in den Figuren 2 und 3 dargestellten Ausführungsbeispiel in jedem Leitungsendsegment 17.1 ein Rückschlagventil 43 angeordnet, um nach dem Sperren einer Kühlmittelzufuhr zu dem Leitungsendsegment 17.1 durch das entsprechende Schaltventil 23 eine Ausgabe von Kühlmittel 19, das sich in Leitungsendsegmenten 17.1 bis 17.3 zwischen dem Schaltventil 23 und Rückschlagventil 43 befindet, auf den Strang 9 zu verhindern.

**[0060]** Abgesehen von diesen Unterschieden ist die Kühlungsvorrichtung 7 des in Figur 4 dargestellten Ausführungsbeispiels analog zu dem in den Figuren 2 und 3 dargestellten Ausführungsbeispiel ausgebildet. Insbesondere sind die Schaltventile 23 wie die Schaltventile 23 des in den Figuren 2 und 3 dargestellten Ausführungsbeispiels als Auf-/Zu-Ventile ausgebildet, die durch die Steuereinheit 27 in unten näher beschriebener Weise schaltbar sind. Die Leitungsendsegmente 17.1 weisen jeweils wiederum eine Auslassdüse 33 auf, deren Düsenspitze 33.1 vorzugsweise austauschbar ausgeführt ist.

**[0061]** Gegenüber dem in den Figuren 2 und 3 dargestellten Ausführungsbeispiel erfordert das in Figur 4 dargestellte Ausführungsbeispiel vorteilhaft weniger Schaltventile 23. Gegenüber dem in Figur 4 dargestellten Ausführungsbeispiel ermöglicht das in den Figuren 2 und 3 dargestellte Ausführungsbeispiel jedoch eine höhere Taktfrequenz der pulsweitenmodulierten Schaltung der Schaltventile 23 (bei Verwendung gleichartiger Schaltventile 23 in beiden Ausführungsbeispielen), ermöglicht bei einer individuellen Ansteuerung der Schaltventile 23 eine flexiblere Steuerung der Kühlung und reduziert die Auswirkungen eines Ausfalls eines einzelnen Schaltventils 23, da sich ein solcher Ausfall auf einen kleineren Oberflächenbereich des Strangs 9 auswirkt.

**[0062]** Die Figuren 5 bis 7 illustrieren ein Kühlungsverfahren zur Sekundärkühlung eines Strangs 9 in einer Stranggießanlage 1 mit einer Kühlungsvorrichtung 7, die

wie eines der in den Figuren 2 bis 4 dargestellten Ausführungsbeispiele ausgebildet ist.

**[0063]** Figur 5 zeigt ein Diagramm für einen Kühlmitteldruck  $P$  in Abhängigkeit von einem Kühlmitteleinzelstrom  $Q$  durch eine Auslassdüse 33 der Kühlungsvorrichtung 7, die wie eines der in den Figuren 2 und 4 dargestellten Ausführungsbeispiele ausgebildet ist. Bei dem Kühlungsverfahren wird der von der Auslassdüse 33 durch den Kühlmittelauslass 21 abgegebene Kühlmitteleinzelstrom  $Q$  in wenigstens einem Strombereich  $\Delta Q$  für seinen zeitlichen Mittelwert  $\bar{Q}$  durch eine pulsweitenmodulierte Ansteuerung eines Schaltventils 23 ein- und abgeschaltet und somit selbst pulsweitenmoduliert, siehe Figur 6. In dem in Figur 5 dargestellten Beispiel wird dieser Strombereich  $\Delta Q$  von einem Schwellenstrom  $Q_S$  begrenzt, der zu einem Schwellendruck  $P_S$  korrespondiert. Darstellt sind ferner ein Maximaldruck  $P_M$  und ein korrespondierender Maximalstrom  $Q_M$ , für welche die Auslassdüse 33 ausgelegt ist.

**[0064]** Der Schwellenstrom  $Q_S$  wird dabei derart vorgegeben, dass der Kühlmitteldruck  $P$  unterhalb des korrespondierenden Schwellendrucks  $P_S$  nicht mehr ausreicht, um ein vorgesehenes Strahlprofil eines von der Auslassdüse 33 ausgegebenen Kühlmittelstrahls, insbesondere einen vorgesehenen Öffnungswinkel des Kühlmittelstrahls, zu realisieren, um einen ausreichend großen Bereich der Strangoberfläche 9.3 mit dem Kühlmittelstrahl abzudecken.

**[0065]** Oberhalb des Schwellenstroms  $Q_S$  werden die Kühlmitteleinzelströme  $Q$  in der üblichen Weise, d. h. ohne Pulsweitenmodulation ausgegeben. Dazu werden die Schaltventile 23 der zu erzeugenden Kühlmitteleinzelströme  $Q$  geöffnet und der Kühlmitteldruck  $P$  oder ein Kühlmittelstrom in dem Kühlmittelverteilungssystem 15 wird mittels eines Regelkreises 45 auf einen von den zu erzeugenden Kühlmitteleinzelströmen  $Q$  abhängigen Sollwert geregelt, siehe dazu Figur 9.

**[0066]** Figur 6 zeigt einen Verlauf eines pulsweitenmodulierten Kühlmitteleinzelstroms  $Q$  einer Auslassdüse 33 in Abhängigkeit von einer Zeit  $t$ . Die Pulsweitenmodulation hat eine Taktperiode der Periodenlänge  $T$  bzw. eine Taktfrequenz  $1/T$ . In dem dargestellten Beispiel hat der Kühlmitteleinzelstrom  $Q$  in einer ersten Hälfte jeder Taktperiode einen konstanten, von Null verschiedenen Strompuls Wert  $Q_P$  und verschwindet in der zweiten Hälfte jeder Taktperiode. Dementsprechend ist der zeitliche Mittelwert  $\bar{Q}$  des Kühlmitteleinzelstroms  $Q$  in diesem Beispiel halb so groß wie der Strompuls Wert  $Q_P$ .

**[0067]** Durch die Pulsweitenmodulation können mit einem Strompuls Wert  $Q_P$ , der größer als der Schwellenstrom  $Q_S$  ist, Mittelwerte  $\bar{Q}$  eines Kühlmitteleinzelstroms  $Q$  realisiert werden, die kleiner als der Schwellenstrom  $Q_S$  sind. Mit anderen Worten können Kühlmitteleinzelströme  $Q$  realisiert werden, deren zeitliche Mittelwerte  $\bar{Q}$  kleiner als der Schwellenstrom  $Q_S$  sind und die dennoch ein vorgesehenes Strahlprofil eines von der Auslassdüse

33 ausgegebenen Kühlmittelstrahls erzeugen.

**[0068]** Figur 7 zeigt diagrammatisch zeitliche Verläufe von Kühlmittelströmen  $Q_1$  bis  $Q_4$  und eines Kühlmittelgesamtstroms  $Q_G$ , die von einer Kühlungsvorrichtung 7 zur Sekundärkühlung eines Strangs 9 in einer Stranggießanlage 1 infolge einer pulsweitenmodulierten Schaltung der Schaltventile 23 ausgegeben werden. Dabei ist die Kühlungsvorrichtung 7 wie eines der in den Figuren 2 oder 4 dargestellten Ausführungsbeispiele ausgebildet, wobei sich Figur 7 zur Vereinfachung der Darstellung auf eine Kühlungsvorrichtung 7 mit nur vier Längsreihen von Kühlmittelauslässen 21 statt wie in den Ausführungsbeispielen der Figuren 2 und 4 acht Längsreihen bezieht (Figur 7 kann auch zeitliche Verläufe von Kühlmittelströmen  $Q_1$  bis  $Q_4$  und eines Kühlmittelgesamtstroms  $Q_G$  der in den Figuren 2 oder 4 dargestellten Hälften der jeweiligen Kühlungsvorrichtungen 7 darstellen, wobei die jeweils nicht dargestellten anderen Hälften analog gesteuert werden).

**[0069]** Die Kühlmittelströme  $Q_1$  bis  $Q_4$  werden jeweils von allen Kühlmittelauslässen 21 einer Längsreihe zusammen ausgegeben und sind daher jeweils eine Summe der Kühlmitteleinzelströme  $Q$  der Kühlmittelauslässe 21 einer Längsreihe, wobei die Kühlmitteleinzelströme  $Q$  jeweils analog zu Figur 6 pulsweitenmoduliert sind. Der Kühlmittelgesamtstrom  $Q_G$  wird von den Kühlmittelauslässen 21 aller dieser Längsreihen zusammen ausgegeben und ist die Summe der Kühlmittelströme  $Q_1$  bis  $Q_4$ .

**[0070]** Die Schaltventile 23 werden von der Steuereinheit 27 pulsweitenmoduliert mit einer Taktperiode der Periodenlänge  $T$  bzw. mit einer Taktfrequenz  $1/T$  geschaltet. Dabei werden die Schaltventile 23 für die verschiedenen Längsreihen von Kühlmittelauslässen 21 zeitversetzt zueinander geschaltet, so dass der Kühlmittelgesamtstrom  $Q_G$  zeitlich konstant ist. In dem in Figur 7 dargestellten Beispiel werden die Schaltventile 23 derart geschaltet, dass ein erster Kühlmittelstrom  $Q_1$  während einer zweiten Hälfte jeder Taktperiode verschwindet, ein zweiter Kühlmittelstrom  $Q_2$  während eines ersten und letzten Viertels jeder Taktperiode verschwindet, ein dritter Kühlmittelstrom  $Q_3$  während der ersten Hälfte jeder Taktperiode verschwindet, ein vierter Kühlmittelstrom  $Q_4$  während eines zweiten und dritten Viertels jeder Taktperiode verschwindet und die Kühlmittelströme  $Q_1$  bis  $Q_4$  in den verbleibenden Zeiten einen konstanten, für alle Längsreihen gleichen, von Null verschiedenen Wert annehmen, der halb so groß wie der Kühlmittelgesamtstrom  $Q_G$  ist.

**[0071]** Der Kühlmittelgesamtstrom  $Q_G$  wird dabei bei der Pulsweitenmodulation auf einen vorgegebenen Sollwert geregelt. Dazu wird ein Istwert des Kühlmittelgesamtstroms  $Q_G$  ermittelt und ein Tastgrad  $D$  und die Periodenlänge  $T$  der Pulsweitenmodulation werden in Abhängigkeit von einer Abweichung des ermittelten Istwertes von dem Sollwert geregelt. Unter dem Tastgrad  $D$  der Pulsweitenmodulation wird wie üblich das Verhältnis einer Pulsdauer während einer Taktperiode zu der Peri-

odenlänge T verstanden. In den in den Figuren 6 und 7 dargestellten Beispielen beträgt der Tastgrad D beispielsweise jeweils 50%. Um den Istwert des Kühlmittelgesamtstroms  $Q_G$  zu ermitteln, werden beispielsweise jeweils Kühlmitteldrücke P in Leitungssegmenten 17.1 bis 17.4, über die Kühlmitteleinzelströme Q ausgegeben werden, erfasst und daraus mittels Strom-Druck-Kennlinien auf die jeweils ausgegebenen Kühlmitteleinzelströme Q geschlossen. Der Istwert des Kühlmittelgesamtstroms  $Q_G$  wird dann als Summe dieser Kühlmitteleinzelströme Q, jeweils multipliziert mit dem jeweiligen Tastgrad D der Pulsweitenmodulation, gebildet.

**[0072]** Figur 8 zeigt den Tastgrad D der Pulsweitenmodulation eines Kühlmitteleinzelstroms Q in Abhängigkeit von dem Mittelwert  $\bar{Q}$  des Kühlmitteleinzelstroms Q in dem Strombereich  $\Delta Q$ . In dem Strombereich  $\Delta Q$  liegende zeitliche Mittelwerte  $\bar{Q}$  der Kühlmitteleinzelströme Q werden erzeugt, indem der Kühlmitteldruck P in dem Kühlmittelverteilungssystem 15 auf einen konstanten Druckwert, der mindestens so groß wie der Schwellendruck  $P_S$  ist, eingestellt wird und jeder Kühlmitteleinzelstrom Q durch eine pulsweitenmodulierte Ansteuerung eines Schaltventils 23 mit einem von dem zu erzeugenden Mittelwert  $\bar{Q}$  abhängigen Tastgrad D pulsweitenmoduliert wird. Der Tastgrad D steigt daher innerhalb des Strombereichs  $\Delta Q$  mit steigendem Mittelwert  $\bar{Q}$  bis zu einem Tastgradendwert  $D_m$  an. Im Fall, dass der Kühlmitteldruck P in dem Kühlmittelverteilungssystem 15 auf den Schwellendruck  $P_S$  eingestellt wird, nimmt der Tastgradendwert  $D_m$  beispielsweise den Wert 1 an. Wenn der Kühlmitteldruck P in dem Kühlmittelverteilungssystem 15 auf einen größeren Druckwert eingestellt wird, ist der Tastgradendwert  $D_m$  entsprechend kleiner.

**[0073]** Bei dem Kühlungsverfahren wird ferner eine Auswahl von Kühlmittelauslässen 21, durch die Kühlmitteleinzelströme Q ausgegeben werden, in Abhängigkeit von einer Breite des Strangs 9 getroffen. Dabei werden durch Kühlmittelauslässe 21, die zur Kühlung des Strangs 9 nicht benötigt werden, da sie sich neben der Strangoberfläche 9.3 befinden, beispielsweise nur jeweils Ausblasluft in einer Pauspause oder ein kurzer Wasserpuls abgegeben, um ein Verstopfen dieser Kühlmittelauslässe 21 zu verhindern.

**[0074]** Figur 9 zeigt einen Regelkreis 45 zur Regelung eines Kühlmitteldrucks P oder Kühlmittelstroms in dem Kühlmittelverteilungssystem 15, um Kühlmitteleinzelströme Q zu erzeugen, die größer als der Schwellenstrom  $Q_S$  sind. Die Regelgröße R des Regelkreises 45 ist daher der Kühlmitteldruck P oder Kühlmittelstrom in dem Kühlmittelverteilungssystem 15. Eine Führungsgröße S des Regelkreises 45 ist dementsprechend ein von den Kühlmitteleinzelströmen Q abhängiger Sollwert des Kühlmitteldrucks P oder Kühlmittelstroms in dem Kühlmittelverteilungssystem 15. Der Regelkreis 45 umfasst einen Regler 47, eine Regelstrecke 49 und ein Messglied 51. Der Regler 47 ist eine Pumpe zur direkten Erzeugung eines Kühlmitteldrucks P oder Kühlmittelstroms in dem

Kühlmittelverteilungssystem 15, oder eine Pumpe mit einem ihr nachgeschalteten Druck- oder Stromregler zur Reduzierung eines von der Pumpe erzeugten Kühlmitteldrucks P oder Kühlmittelstroms in dem Kühlmittelverteilungssystem 15.

5 Die Regelstrecke 49 ist das Kühlmittelverteilungssystem 15. Das Messglied 51 ist eine Druckerfassungsvorrichtung 29 zur Erfassung des Kühlmitteldrucks P oder eine Stromerfassungsvorrichtung zur Erfassung eines Kühlmittelstroms in dem Kühlmittelverteilungssystem 15. Zur Regelung der Regelgröße R wird eine Regelabweichung E der Regelgröße R von der Führungsgröße S gebildet. Der Regler 47 erzeugt eine von der Regelabweichung E abhängige Stellgröße U, um die Regelabweichung B zu reduzieren.

10 **[0075]** Obwohl die Erfindung im Detail durch bevorzugte Ausführungsbeispiele näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarsten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den 15 Schutzmfang der Erfindung zu verlassen.

#### Bezugszeichenliste

#### [0076]

25	1	Stranggießanlage
	3	Kokille
	4	Oszillationseinrichtung
	5	Strangführung
30	7	Kühlungsvorrichtung
	9	Strang
	9.1	Strangrand
	9.2	Mittelachse
	9.3	Strangoberfläche
35	11	Transportrichtung
	13	Strangführungsrolle
	15	Kühlmittelverteilungssystem
	17.1	Leitungsendsegment
	17.2	Leitungslängssegment
40	17.3	Leitungzwischensegment
	17.4	Leitungsquerssegment
	19	Kühlmittel
	21	Kühlmittelauslass
	23	Schaltventil
45	25.1 bis 25.4	Steuerleitung
	27	Steuereinheit
	29	Druckerfassungsvorrichtung
	31	Drucksignalleitung
	33	Auslassdüse
50	33.1	Düsenspitze
	33.2	Düsenkörper
	35	Segmentrohr
	37	Verbindungsflansch
	37.1, 37.2	Flanschöffnung
55	39	Rohr-Ventil-Schraubverbindung
	41	Ventil-Düse-Schraubverbindung
	42	Zentrierungsbolzen
	43	Rückschlagventil

45	Regelkreis		
47	Regler		
49	Regelstrecke		
51	Messglied		
D	Tastgrad	5	
D <sub>m</sub>	Tastgradendwert		
E	Regelabweichung		
P	Kühlmitteldruck		
P <sub>S</sub>	Schwellendruck	10	
P <sub>M</sub>	Maximaldruck		
R	Regelgröße		
Q	Kühlmitteleinzelstrom		
Q <sub>P</sub>	Strompulswert		
Q <sub>1</sub> bis Q <sub>4</sub>	Kühlmittelstrom	15	
Q <sub>G</sub>	Kühlmittelgesamtstrom		
Q <sub>S</sub>	Schwellenstrom		
Q <sub>M</sub>	Maximalstrom		
ΔQ	Strombereich		
Q̄	Mittelwert	20	
S	Führungsgröße		
t	Zeit		
T	Periodenlänge		
U	Stellgröße	25	

### Patentansprüche

1. Kühlungsvorrichtung (7) zur Sekundärkühlung eines Strangs (9) in einer Strangführung (5) einer Stranggießanlage (1), die Kühlungsvorrichtung (7) umfas-send
  - ein Kühlmittelverteilungssystem (15) mit Leitungssegmenten (17.1 bis 17.4) zur Leitung ei-nes Kühlmittels (19) und mehreren über die Strangführung (5) verteilten Kühlmittelauslös-sen (21) zur Ausgabe jeweils eines Kühlmit-teleinzelstroms (Q) auf den Strang (9),
  - wenigstens ein Schaltventil (23), mit dem we-nigstens ein Kühlmitteleinzelstrom (Q) ein- und abschaltbar ist,
  - eine Steuereinheit (27), die zu einer Pulswei-tenmodulation wenigstens eines Kühlmittelein-zelstroms (Q) in einem Strombereich ( $\Delta Q$ ) für einen zeitlichen Mittelwert ( $\bar{Q}$ ) des Kühlmit-teleinzelstroms (Q) durch eine pulsweitenmodu-lierte Ansteuerung eines Schaltventils (23) aus-gebildet ist
  - und einen Regelkreis (45) zur Regelung eines Kühlmitteldrucks (P) oder Kühlmittelstroms in dem Kühlmittelverteilungssystem (15),
  - wobei für zeitliche Mittelwerte ( $\bar{Q}$ ) von Kühlmit-teleinzelströmen (Q) mit  $0 \leq \bar{Q} \leq Q_S$ , wobei ( $Q_S$ ) ein Schwellenstrom von zumindest einem Kühlmitteleinzelstrom (Q) ist, der Regelkreis (45) da-zu ausgebildet ist, den Kühlmitteldruck (P) in dem Kühlmittelverteilungssystem (15) auf einen konstanten Druckwert einzustellen und die Steuereinheit (27) dazu ausgebildet ist, das we-nigstens eine Schaltventil (23) pulsweitenmodu-liert mit einem von dem zu erzeugenden Mittel-wert ( $\bar{Q}$ ) abhängigen Tastgrad (D) pulsweiten-moduliert anzusteuern, und
  - wobei für zeitliche Mittelwerte ( $\bar{Q}$ ) von Kühlmit-teleinzelströmen (Q) mit  $\bar{Q} > Q_S$  die Steuerein-heit (27) dazu ausgebildet ist, das wenigstens eine Schaltventil (23) zu öffnen und der Regel-kreis (45) dazu ausgebildet ist, den Kühlmittel-druck (P) auf einen von den zu erzeugenden Kühlmitteleinzelströmen (Q) abhängigen Soll-wert zu regeln.
2. Kühlungsvorrichtung (7) nach Anspruch 1, **gekenn-zeichnet durch** wenigstens ein pneumatisch oder elektrisch oder elektromagnetisch oder hydraulisch schaltbares Schaltventil (23).
3. Kühlungsvorrichtung (7) nach einem der vorherge-henden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** we-nigstens einen von einer Auslassdüse (33) gebil-de-ten Kühlmittelauslass (21).
4. Kühlungsvorrichtung (7) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eine Auslassdü-se (33) eine austauschbare Düsen spitze (33.1) auf-weist.
5. Kühlungsvorrichtung (7) nach einem der vorherge-henden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mit jedem Schaltventil (23) genau ein Kühlmit-teleinzelstrom (Q) ein- und abschaltbar ist.
6. Kühlungsvorrichtung (7) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** mit wenigs-tens einem Schaltventil (23) mehrere Kühlmittelein-zelströme (Q) ein- und abschaltbar sind.
7. Kühlungsvorrichtung (7) nach einem der vorherge-henden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** we-nigstens eine Längsreihe mehrerer entlang einer Transportrichtung (11) des Strangs (9) hintereinan-der angeordneter Kühlmittelauslässe (21).
8. Kühlungsvorrichtung (7) nach einem der vorherge-henden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** we-nigstens eine Querreihe mehrerer quer zu einer Transportrichtung (11) des Strangs (9) nebeneinan-der angeordneter Kühlmittelauslässe (21).
9. Kühlungsvorrichtung (7) nach einem der vorherge-henden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** eine Druckerfassungsvorrichtung (29) zur Erfassung ei-nes Kühlmitteldrucks (P) oder einen Durchflussmes-ser zur Erfassung eines Kühlmittelstroms in dem

- Kühlmittelverteilungssystem (15).
10. Kühlungsverfahren zur Sekundärkühlung eines Strangs (9) in einer Strangführung (5) einer Stranggießanlage (1) durch eine Kühlungsvorrichtung (7), die Kühlungsvorrichtung (7) umfassend:
- ein Kühlmittelverteilungssystem (15) mit Leitungssegmenten (17.1 bis 17.4) zur Leitung eines Kühlmittels (19) und mehreren über die Strangführung (5) verteilten Kühlmittelauslässen (21) zur Ausgabe jeweils eines Kühlmitteleinzelstroms (Q) auf den Strang (9),
  - wenigstens ein Schaltventil (23), mit dem wenigstens ein Kühlmitteleinzelstrom (Q) ein- und abschaltbar ist,
  - eine Steuereinheit (27), die zu einer Pulsweitenmodulation wenigstens eines Kühlmitteleinzelstroms (Q) in einem Strombereich ( $\Delta Q$ ) für einen zeitlichen Mittelwert ( $\bar{Q}$ ) des Kühlmitteleinzelstroms (Q) durch eine pulsweitenmodulierte Ansteuerung eines Schaltventils (23) ausgebildet ist,
  - und einen Regelkreis (45) zur Regelung eines Kühlmitteldrucks (P) oder Kühlmittelstroms in dem Kühlmittelverteilungssystem (15), **gekennzeichnet durch** folgende Verfahrensschritte:
    - Regeln eines Kühlmitteldrucks (P) oder eines Kühlmittelstroms in dem Kühlmittelverteilungssystem (15),
    - Ansteuern wenigstens eines Schaltventils (23) zum Ein- und Abschalten von wenigstens einem Kühlmitteleinzelstrom (Q), wobei ein Schwellenstrom ( $Q_S$ ) für zeitliche Mittelwerte ( $\bar{Q}$ ) von zu mindest einem Kühlmitteleinzelstrom (Q) und ein unterhalb des Schwellenstroms ( $Q_S$ ) liegender Strombereich ( $\Delta Q$ ) vorgegeben werden,
    - wobei in dem Strombereich ( $\Delta Q$ ) liegende zeitliche Mittelwerte ( $\bar{Q}$ ) von Kühlmitteleinzelströmen (Q) mit  $0 \leq \bar{Q} \leq Q_S$  erzeugt werden, indem ein Kühlmitteldruck (P) in dem Kühlmittelverteilungssystem (15) auf einen konstanten Druckwert eingestellt wird und jeder Kühlmitteleinzelstrom (Q) durch eine pulsweitenmodulierte Ansteuerung eines Schaltventils (23) mit einem von dem zu erzeugenden Mittelwert ( $\bar{Q}$ ) abhängigen Tastgrad (D) pulsweitenmoduliert wird,
    - und wobei außerhalb des Strombereichs ( $\Delta Q$ ) liegende Kühlmitteleinzelströme (Q) mit  $\bar{Q} > Q_S$  erzeugt werden, indem die Schaltventile (23) dieser Kühlmitteleinzelströme (Q) geöffnet werden und der Kühlmitteldruck (P) oder ein Kühlmittelstrom in dem Kühlmittelverteilungssystem (15) mit dem Regelkreis (45) auf einen von den zu erzeugenden Kühlmitteleinzelströmen (Q) abhängigen Sollwert geregelt wird.
11. Kühlungsverfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Kühlmitteleinzelströme (Q) in dem Strombereich ( $\Delta Q$ ) für ihre zeitlichen Mittelwerte ( $\bar{Q}$ ) derart pulsweitenmoduliert werden, dass ein von allen diesen Kühlmitteleinzelströmen (Q) zusammen gebildeter Kühlmittelgesamtstrom ( $Q_G$ ) zeitlich konstant ist.
12. Kühlungsverfahren nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Kühlmitteleinzelströme (Q) in dem Strombereich ( $\Delta Q$ ) für ihre zeitlichen Mittelwerte ( $\bar{Q}$ ) derart pulsweitenmoduliert werden, dass ein von allen diesen Kühlmitteleinzelströmen (Q) zusammen gebildeter Kühlmittelgesamtstrom ( $Q_G$ ) auf einen Sollwert geregelt wird, wobei ein Istwert des Kühlmittelgesamtstroms ( $Q_G$ ) ermittelt wird und ein Tastgrad (D) und eine Periodenlänge (T) einer Taktperiode der Pulsweitenmodulation in Abhängigkeit von einer Abweichung des ermittelten Istwertes von dem Sollwert geregelt werden.
13. Kühlungsverfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Auswahl von Kühlmittelauslässen (21), durch die Kühlmitteleinzelströme (Q) ausgegeben werden, in Abhängigkeit von einer Breite des Strangs (9) getroffen wird.
14. Kühlungsverfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Kühlmitteldruck (P) in dem Kühlmittelverteilungssystem (15) erfasst und zur Ermittlung eines Verstopfungsgrades wenigstens eines Kühlmittelauslasses (21) ausgewertet wird.
15. Kühlungsverfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Taktfrequenz  $f = 1/T$  der Pulsweitenmodulation proportional zu einer Gießgeschwindigkeit der Stranggießanlage eingestellt wird.
16. Kühlungsverfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Tastgrad D bei unterschiedlichen Gießgeschwindigkeiten konstant gehalten und der Kühlmitteleinzelstrom (Q) durch einen Kühlmittelauslasses (21) proportional zur Gießgeschwindigkeit eingestellt wird.
17. Kühlungsverfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Tastgrad D bei unterschiedlichen Gießgeschwindigkeiten konstant gehalten und der Kühlmitteldruck (P) proportional zum Quadrat der Gießgeschwindigkeit eingestellt wird.

18. Kühlungsverfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kühlmitteldruck (P) oder der Kühlmittelstrom im Kühlmittelverteilungssystem (15) derart eingestellt wird, dass sich im Kühlmittelauslass (21) eine turbulente Strömung mit  $Re > 2300$  einstellt.

## Claims

1. Cooling device (7) for the secondary cooling of a strand (9) in a strand guide (5) of a continuous casting installation (1), the cooling device (7) comprising
  - a coolant distribution system (15) with line segments (17.1 to 17.4) for conducting a coolant (19) and a number of coolant outlets (21), distributed over the strand guide (5), respectively discharging an individual coolant stream (Q) onto the strand (9),
  - at least one switchover valve (23), with which at least one individual coolant stream (Q) can be switched on and off,
  - a control unit (27), which is designed for pulse width modulation of at least one individual coolant stream (Q) in a stream range ( $\Delta Q$ ) for a time average ( $\bar{Q}$ ) of the individual coolant stream (Q) by a pulse-width-modulated activation of a switchover valve (23)
  - and a closed-loop control circuit (45) for controlling the current pressure (P) or coolant stream in the coolant distribution system (15),
  - wherein, for time averages ( $\bar{Q}$ ) of individual coolant streams (Q) with  $0 \leq \bar{Q} \leq Q_S$ , where  $Q_S$  is a threshold stream of at least one individual coolant stream (Q), the closed-loop control circuit (45) is designed to set the coolant pressure (P) in the coolant distribution system (15) to a constant pressure value and the control unit (27) is designed to activate the at least one switchover valve (23) in a pulse-width-modulated manner, pulse-width-modulated with a duty cycle (D) dependent on the average ( $\bar{Q}$ ) to be generated, and
  - wherein, for time averages ( $\bar{Q}$ ) of individual coolant streams (Q) with  $\bar{Q} > Q_S$ , the control unit (27) is designed to open the at least one switchover valve (23) and the closed-loop control circuit (45) is designed to control the coolant pressure (P) to a setpoint value dependent on the individual coolant streams (Q) to be generated.
2. Cooling device (7) according to Claim 1, **characterized by** at least one pneumatically or electrically or electromagnetically or hydraulically switchable switchover valve (23).
3. Cooling device (7) according to either of the preceding claims, **characterized by** at least one coolant outlet (21) formed by an outlet nozzle (33).
4. Cooling device (7) according to Claim 3, **characterized in that** at least one outlet nozzle (33) has an exchangeable nozzle tip (33.1).
5. Cooling device (7) according to one of the preceding claims, **characterized in that** precisely one individual coolant stream (Q) can be switched on and off with each switchover valve (23).
6. Cooling device (7) according to one of Claims 1 to 4, **characterized in that** a number of individual coolant streams (Q) can be switched on and off with at least one switchover valve (23).
7. Cooling device (7) according to one of the preceding claims, **characterized by** at least one longitudinal row of a number of coolant outlets (21) arranged one behind the other along a transporting direction (11) of the strand (9).
8. Cooling device (7) according to one of the preceding claims, **characterized by** at least one transverse row of a number of coolant outlets (21) arranged next to one another transversely to a transporting direction (11) of the strand (9).
9. Cooling device (7) according to one of the preceding claims, **characterized by** a pressure detecting device (29) for detecting the coolant pressure (P) or a flowmeter for detecting the coolant stream in the coolant distribution system (15).
10. Cooling method for the secondary cooling of a strand (9) in a strand guide (5) of a continuous casting installation (1) by a cooling device (7), the cooling device (7) comprising:
  - a coolant distribution system (15) with line segments (17.1 to 17.4) for conducting a coolant (19) and a number of coolant outlets (21), distributed over the strand guide (5), respectively discharging an individual coolant stream (Q) onto the strand (9),
  - at least one switchover valve (23), with which at least one individual coolant stream (Q) can be switched on and off,
  - a control unit (27), which is designed for pulse width modulation of at least one individual coolant stream (Q) in a stream range ( $\Delta Q$ ) for a time average ( $\bar{Q}$ ) of the individual coolant stream (Q) by a pulse-width-modulated activation of a switchover valve (23)
  - and a closed-loop control circuit (45) for controlling the current pressure (P) or coolant

stream in the coolant distribution system (15),

**characterized by** the following method steps:

- controlling a coolant pressure (P) or a coolant stream in the coolant distribution system (15),
- activating at least one switchover valve (23) for switching at least one individual coolant stream (Q) on and off,

wherein a threshold stream ( $Q_S$ ) for time averages ( $\bar{Q}$ ) of at least one individual coolant stream (Q) and a stream range ( $\Delta Q$ ) lying under the threshold stream ( $Q_S$ ) are specified,

- wherein time averages ( $\bar{Q}$ ) of individual coolant streams (Q) lying in the stream range ( $\Delta Q$ ) are generated with  $0 \leq \bar{Q} \leq Q_S$ , in that a coolant pressure (P) in the coolant distribution system (15) is set to a constant pressure value and each individual coolant stream (Q) is pulse-width-modulated by a pulse-width-modulated activation of a switchover valve (23) with a duty cycle (D) dependent on the average ( $\bar{Q}$ ) to be generated,
- and wherein individual coolant streams (Q) lying outside the stream range ( $\Delta Q$ ) are generated with  $\bar{Q} > Q_S$ , in that the switchover valves (23) of these individual coolant streams (Q) are opened and the coolant pressure (P) or a coolant stream in the coolant distribution system (15) is controlled with the closed-loop control circuit (45) to a setpoint value dependent on the individual coolant streams (Q) to be generated.

11. Cooling method according to Claim 10, **characterized in that** a number of individual coolant streams (Q) in the stream range ( $\Delta Q$ ) are pulse-width-modulated for their time averages ( $\bar{Q}$ ) in such a way that an overall coolant stream ( $Q_G$ ) formed by all of these individual coolant streams (Q) together is constant over time.

12. Cooling method according to Claim 10 or 11, **characterized in that** a number of individual coolant streams (Q) in the stream range ( $\Delta Q$ ) are pulse-width-modulated for their time averages ( $\bar{Q}$ ) in such a way that an overall coolant stream ( $Q_G$ ) formed by all of these individual coolant streams (Q) together is controlled to a setpoint value, wherein an actual value of the overall coolant stream ( $Q_G$ ) is determined and a duty cycle (D) and a period length (T) of a cycle period of the pulse width modulation are controlled in dependence on a deviation of the determined actual value from the setpoint value.

13. Cooling method according to one of Claims 10 to 12,

**characterized in that** a selection of coolant outlets (21) through which individual coolant streams (Q) are discharged is made in dependence on a width of the strand (9).

- 5 14. Cooling method according to one of Claims 10 to 13, **characterized in that** a coolant pressure (P) in the coolant distribution system (15) is detected and is evaluated for the determination of a degree of clogging of at least one coolant outlet (21).
- 10 15. Cooling method according to one of Claims 10 to 14, **characterized in that** a pulse frequency  $f = 1/T$  of the pulse width modulation is set proportional to the casting rate of the continuous casting installation.
- 15 16. Cooling method according to Claim 15, **characterized in that** the duty cycle D is kept constant for different casting rates and the individual coolant stream (Q) through a coolant outlet (21) is set proportional to the casting rate.
- 20 17. Cooling method according to Claim 15, **characterized in that** the duty cycle D is kept constant for different casting rates and the coolant pressure (P) is set proportional to the square of the casting rate.
- 25 18. Cooling method according to one of Claims 10 to 17, **characterized in that** the coolant pressure (P) or the coolant stream in the coolant distribution system (15) is set in such a way that a turbulent flow with  $Re > 2300$  is set in the coolant outlet (21).
- 30

### 35 Revendications

1. Dispositif de refroidissement (7) pour le refroidissement secondaire d'une barre de coulée continue (9) dans un guide de barre (5) d'une installation de coulée continue (1), le dispositif de refroidissement (7) comprenant :

- un système de distribution d'agent de refroidissement (15) comprenant des segments de conduite (17.1 à 17.4), destinés à conduire un agent de refroidissement (19), et plusieurs sorties d'agent de refroidissement (21) réparties sur le guide de barre (5) et destinées chacune à délivrer en sortie un flux individuel d'agent de refroidissement (Q) sur la barre de coulée continue (9),
- au moins une vanne de commutation (23) au moyen de laquelle au moins un flux individuel d'agent de refroidissement (Q) peut être activé ou désactivé,
- une unité de commande (27) qui est conçue pour moduler en largeur d'impulsion au moins un flux individuel d'agent de refroidissement (Q)

- dans une zone de flux ( $\Delta Q$ ) pour une moyenne temporelle ( $\bar{Q}$ ) du flux individuel d'agent de refroidissement (Q) par le biais d'une commande modulée en largeur d'impulsion d'une vanne de commutation (23),  
 5  
 - et une boucle d'asservissement (45) destinée à réguler une pression d'agent de refroidissement (P) ou un flux d'agent de refroidissement dans le système de distribution d'agent de refroidissement (15),  
 10  
 - dans lequel, pour des moyennes temporelles ( $\bar{Q}$ ) de flux individuels d'agent de refroidissement (Q), avec  $0 \leq \bar{Q} \leq Q_s$ , ( $Q_s$ ) étant un flux de seuil d'au moins un flux individuel d'agent de refroidissement (Q), la boucle d'asservissement (45) est conçue pour ajuster la pression d'agent de refroidissement (P) dans le système de distribution d'agent de refroidissement (15) sur une valeur de pression constante et l'unité de commande (27) est conçue pour commander par modulation en largeur d'impulsion l'au moins une vanne de commutation (23) en la modulant en largeur d'impulsion avec un rapport cyclique (D) dépendant de la moyenne (Q) à produire, et  
 15  
 - dans lequel, pour des moyennes temporelles ( $\bar{Q}$ ) de flux individuels d'agent de refroidissement (Q), avec  $\bar{Q} > Q_s$ , l'unité de commande (27) est conçue pour ouvrir l'au moins une vanne de commutation (23) et la boucle d'asservissement (45) est conçue pour régler la pression d'agent de refroidissement (P) sur une valeur de consigne dépendante des flux individuels d'agent de refroidissement (Q) à produire.  
 20  
 25  
 30  
 35  
 40  
 45  
 50  
 55
2. Dispositif de refroidissement (7) selon la revendication 1, **caractérisé par** au moins une vanne de commutation (23) à commutation pneumatique ou électrique ou électromagnétique ou hydraulique.
3. Dispositif de refroidissement (7) selon l'une des revendications précédentes,  
**caractérisé par** au moins une sortie d'agent de refroidissement (21) formée par une buse de sortie (33).  
 40  
 45
4. Dispositif de refroidissement (7) selon la revendication 3, **caractérisé en ce qu'**au moins une buse de sortie (33) est pourvue d'une pointe de buse (33.1) remplaçable.  
 50
5. Dispositif de refroidissement (7) selon l'une des revendications précédentes,  
**caractérisé en ce que** chaque vanne de commutation (23) permet d'activer ou de désactiver précisément un flux individuel d'agent de refroidissement (Q).  
 55
6. Dispositif de refroidissement (7) selon l'une des revendications 1 à 4,  
**caractérisé en ce qu'**au moins une vanne de commutation (23) permet d'activer ou de désactiver plusieurs flux individuels d'agent de refroidissement (Q).
7. Dispositif de refroidissement (7) selon l'une des revendications précédentes,  
**caractérisé par** au moins une rangée longitudinale de plusieurs sorties d'agent de refroidissement (21) disposées les unes derrière les autres le long d'une direction de transport (11) de la barre de coulée continue (9).  
 10
8. Dispositif de refroidissement (7) selon l'une des revendications précédentes,  
**caractérisé par** au moins une rangée transversale de plusieurs sorties d'agent de refroidissement (21) disposées les unes à côté des autres transversalement à une direction de transport (11) de la barre de coulée continue (9).  
 15
9. Dispositif de refroidissement (7) selon l'une des revendications précédentes,  
**caractérisé par** un dispositif de détection de pression (29) destiné à détecter une pression d'agent de refroidissement (P) ou un débitmètre destiné à détecter un flux d'agent de refroidissement dans le système de distribution d'agent de refroidissement (15).  
 20
10. Procédé de refroidissement pour le refroidissement secondaire d'une barre de coulée continue (9) dans un guide de barre (5) d'une installation de coulée continue (1) au moyen d'un dispositif de refroidissement (7), le dispositif de refroidissement (7) comprenant :  
 25  
 30  
 35  
 40  
 45  
 50  
 55
- un système de distribution d'agent de refroidissement (15) comprenant des segments de conduite (17.1 à 17.4), destinés à conduire un agent de refroidissement (19), et plusieurs sorties d'agent de refroidissement (21) réparties sur le guide de barre (5) et destinées chacune à délivrer en sortie un flux individuel d'agent de refroidissement (Q) sur la barre de coulée continue (9),  
 - au moins une vanne de commutation (23) au moyen de laquelle au moins un flux individuel d'agent de refroidissement (Q) peut être activé ou désactivé,  
 - une unité de commande (27) qui est conçue pour moduler en largeur d'impulsion au moins un flux individuel d'agent de refroidissement (Q) dans une zone de flux ( $\Delta Q$ ) pour une moyenne temporelle ( $\bar{Q}$ ) du flux individuel d'agent de refroidissement (Q) par le biais d'une commande modulée en largeur d'impulsion d'une vanne de commutation (23),

- et une boucle d'asservissement (45) destinée à réguler une pression d'agent de refroidissement (P) ou un flux d'agent de refroidissement dans le système de distribution d'agent de refroidissement (15),

**caractérisé par** les étapes de procédé suivantes :

- réglage d'une pression d'agent de refroidissement (P) ou d'un flux d'agent de refroidissement dans le système de distribution d'agent de refroidissement (15),

- commande d'au moins une vanne de commutation (23) pour l'activation ou la désactivation d'au moins un flux individuel d'agent de refroidissement (Q), un flux de seuil ( $Q_S$ ) pour des moyennes temporelles ( $\bar{Q}$ ) d'au moins un flux individuel d'agent de refroidissement (Q) et une zone de flux ( $\Delta Q$ ) située en-dessous du flux de seuil ( $Q_S$ ) étant prédefinis,

- dans lequel des moyennes temporelles (Q) de flux individuels d'agent de refroidissement (Q) situées dans la zone de flux ( $\Delta Q$ ), avec  $0 \leq \bar{Q} \leq Q_S$ , sont produites en ajustant sur une valeur de pression constante une pression d'agent de refroidissement (P) dans le système de distribution d'agent de refroidissement (15) et en modulant en largeur d'impulsion chaque flux individuel d'agent de refroidissement (Q) avec un rapport cyclique (D) dépendant de la moyenne ( $\bar{Q}$ ) à produire par le biais d'une commande modulée en largeur d'impulsion d'une vanne de commutation (23),

- et dans lequel des flux individuels d'agent de refroidissement (Q) situés en dehors de la zone de flux ( $\Delta Q$ ), avec  $\bar{Q} > Q_S$ , sont produits en ouvrant les vannes de commutation (23) de ces flux individuels d'agent de refroidissement (Q) et en réglant la pression d'agent de refroidissement (P) ou un flux d'agent de refroidissement dans le système de distribution d'agent de refroidissement (15) sur une valeur de consigne dépendante des flux individuels d'agent de refroidissement (Q) à produire à l'aide de la boucle d'asservissement (45).

11. Procédé de refroidissement selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** plusieurs flux individuels (Q) dans la zone de flux ( $\Delta Q$ ) sont modulés en largeur d'impulsion pour leurs moyennes temporelles ( $\bar{Q}$ ) de façon qu'un flux global d'agent de refroidissement ( $Q_G$ ) formé par tous ces flux individuels d'agent de refroidissement (Q) ensemble soit constant dans le temps.

12. Procédé de refroidissement selon la revendication 10 ou 11, **caractérisé en ce que** plusieurs flux indi-

viduels d'agent de refroidissement (Q) dans la zone de flux ( $\Delta Q$ ) sont modulés en largeur d'impulsion pour leurs moyennes temporelles ( $\bar{Q}$ ) de façon qu'un flux global d'agent de refroidissement ( $Q_G$ ) formé par tous ces flux individuels d'agent de refroidissement (Q) ensemble soit réglé sur une valeur de consigne, une valeur réelle du flux global d'agent de refroidissement ( $Q_G$ ) étant déterminée et un rapport cyclique (D) et une longueur de période (T) d'une période élémentaire de la modulation en largeur d'impulsion étant réglés en fonction d'un écart entre la valeur réelle déterminée et la valeur de consigne.

13. Procédé de refroidissement selon l'une des revendications 10 à 12, **caractérisé en ce qu'** une sélection de sorties d'agent de refroidissement (21) qui délivrent en sortie des flux individuels d'agent de refroidissement (Q) est effectuée en fonction d'une largeur de la barre de coulée continue (9).
14. Procédé de refroidissement selon l'une des revendications 10 à 13, **caractérisé en ce qu'** une pression d'agent de refroidissement (P) dans le système de distribution d'agent de refroidissement (15) est détectée et est analysée pour déterminer un degré d'engorgement d'au moins une sortie d'agent de refroidissement (21).
15. Procédé de refroidissement selon l'une des revendications 10 à 14, **caractérisé en ce qu'** une fréquence élémentaire  $f = 1/T$  de la modulation en largeur d'impulsion est ajustée proportionnellement à une vitesse de coulée de l'installation de coulée continue.
16. Procédé de refroidissement selon la revendication 15, **caractérisé en ce que** le rapport cyclique D est maintenu constant pour différentes vitesses de coulée et le flux individuel d'agent de refroidissement (Q) débité par une sortie d'agent de refroidissement (21) est ajusté proportionnellement à la vitesse de coulée.
17. Procédé de refroidissement selon la revendication 15, **caractérisé en ce que** le rapport cyclique D est maintenu constant pour différentes vitesses de coulée et la pression d'agent de refroidissement (P) est ajustée proportionnellement au carré de la vitesse de coulée.
18. Procédé de refroidissement selon l'une des revendications 10 à 17, **caractérisé en ce que** la pression d'agent de refroidissement (P) ou le flux d'agent de refroidissement dans le système de distribution d'agent de refroidis-

sement (15) est ajustée de façon qu'un écoulement turbulent, avec  $Re > 2\,300$ , s'ajuste dans la sortie d'agent de refroidissement (21).

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

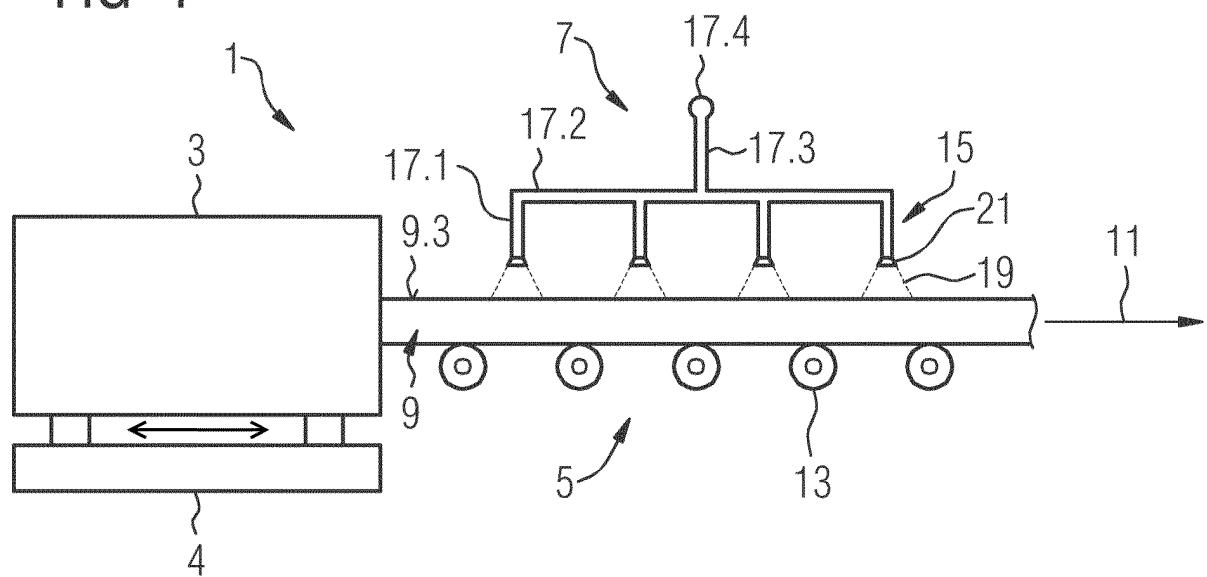


FIG 2

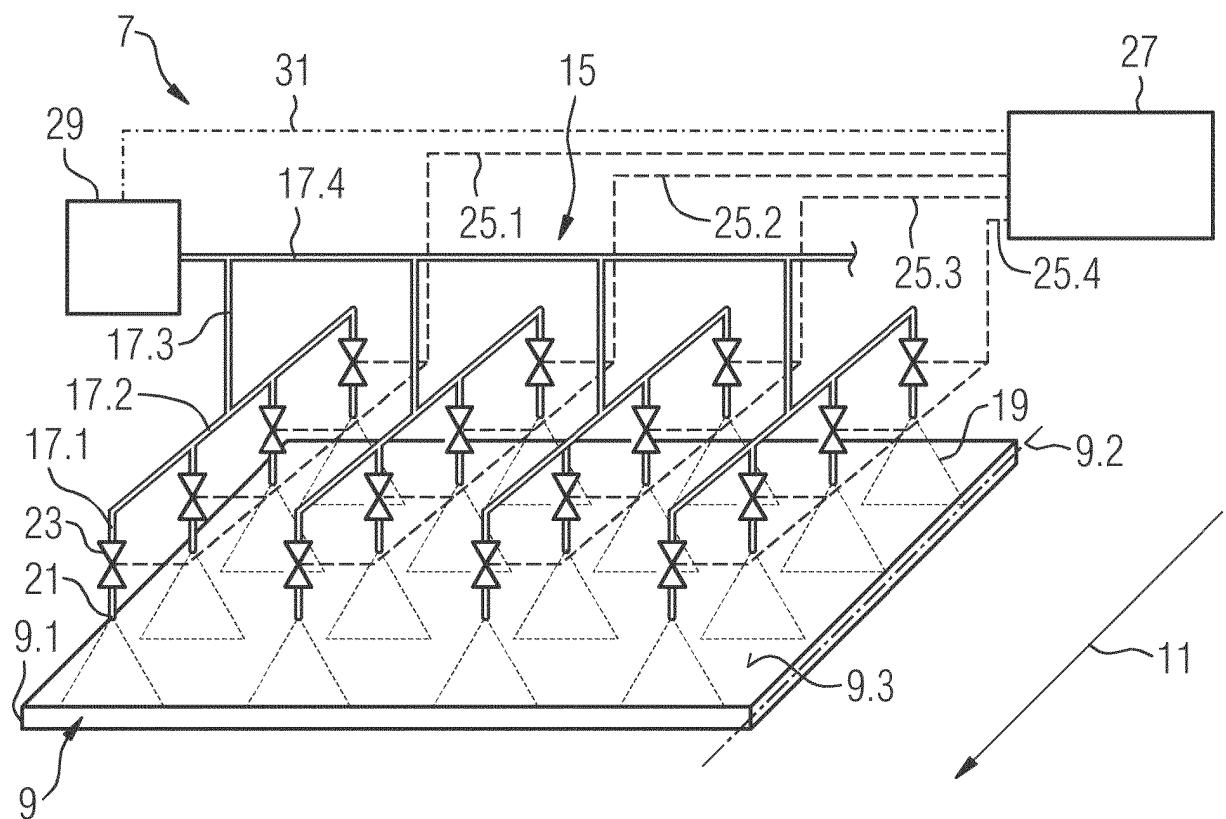


FIG 3

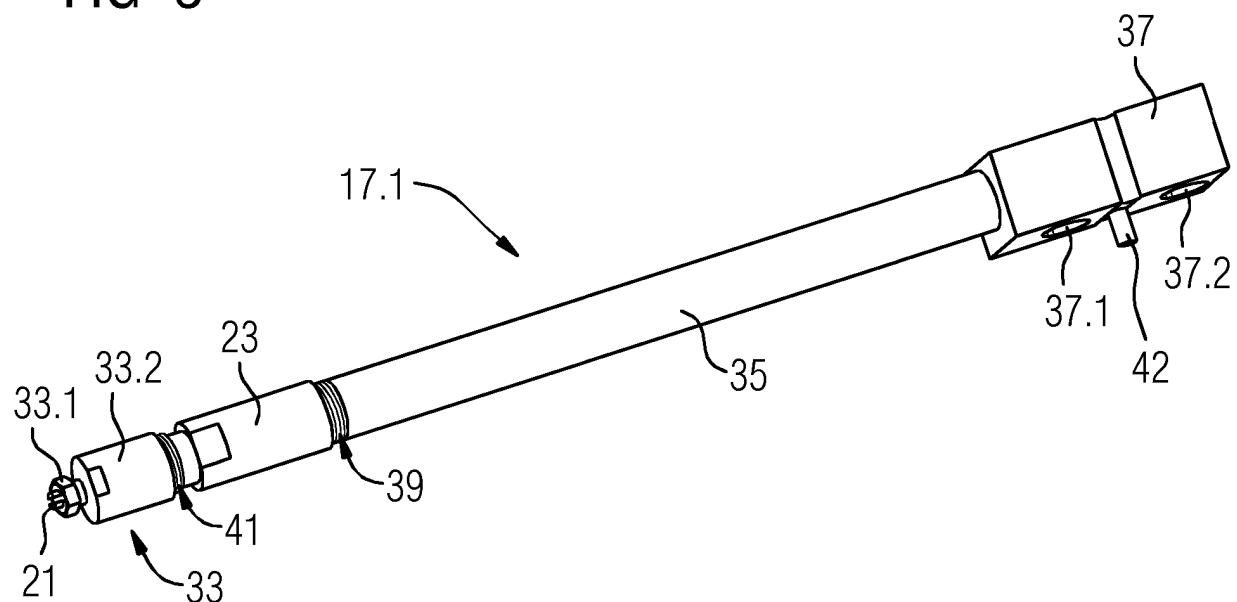


FIG 4

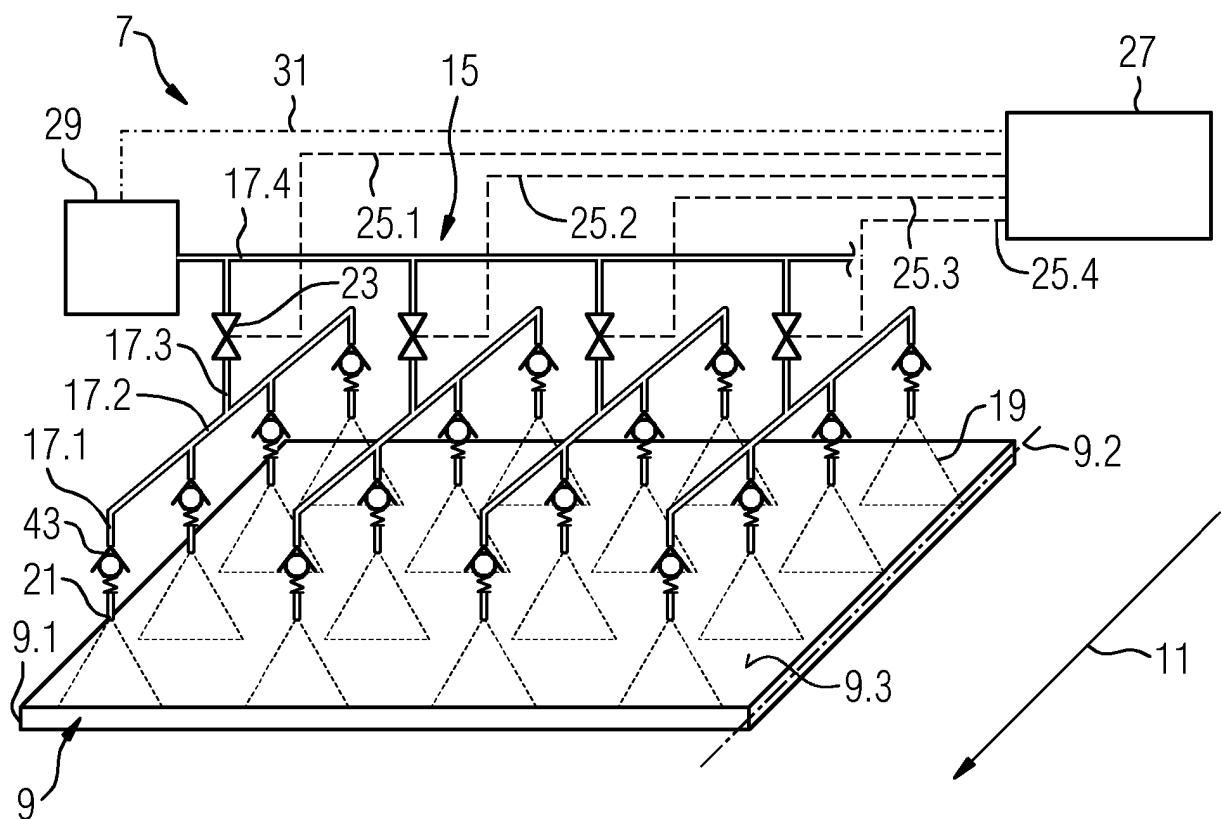


FIG 5

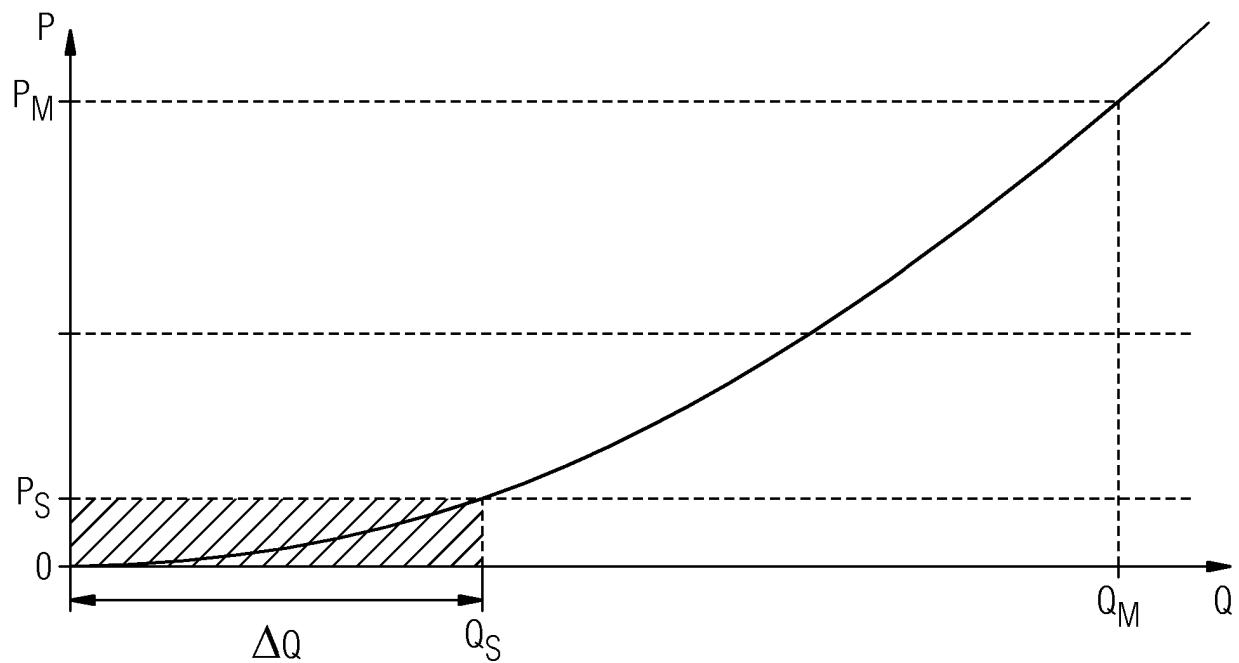


FIG 6

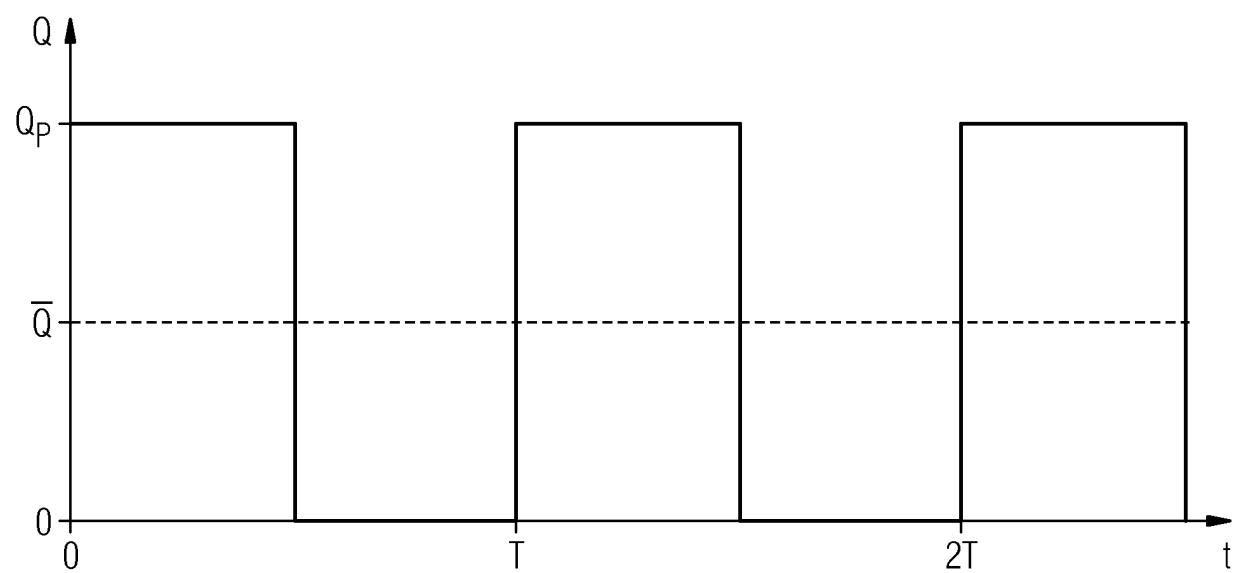


FIG 7

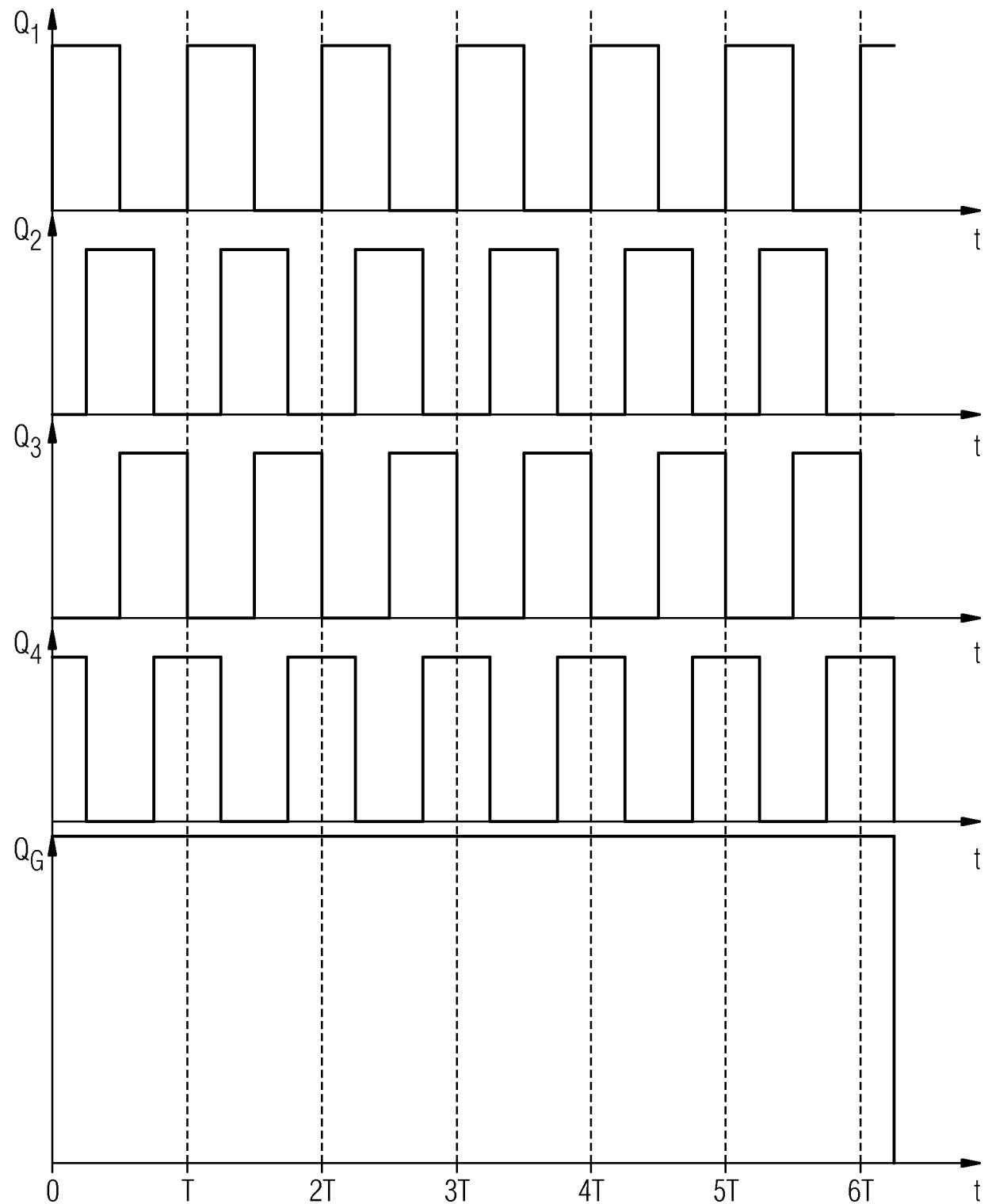


FIG 8

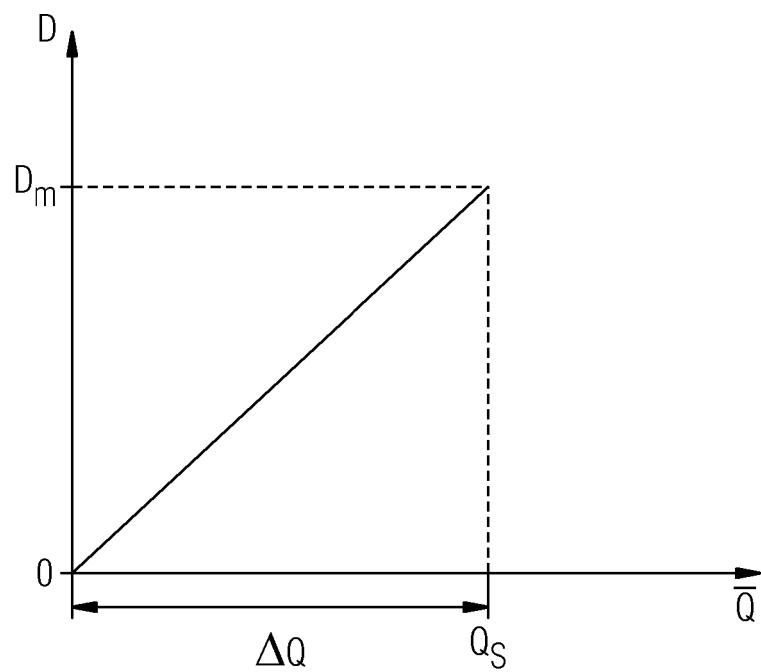
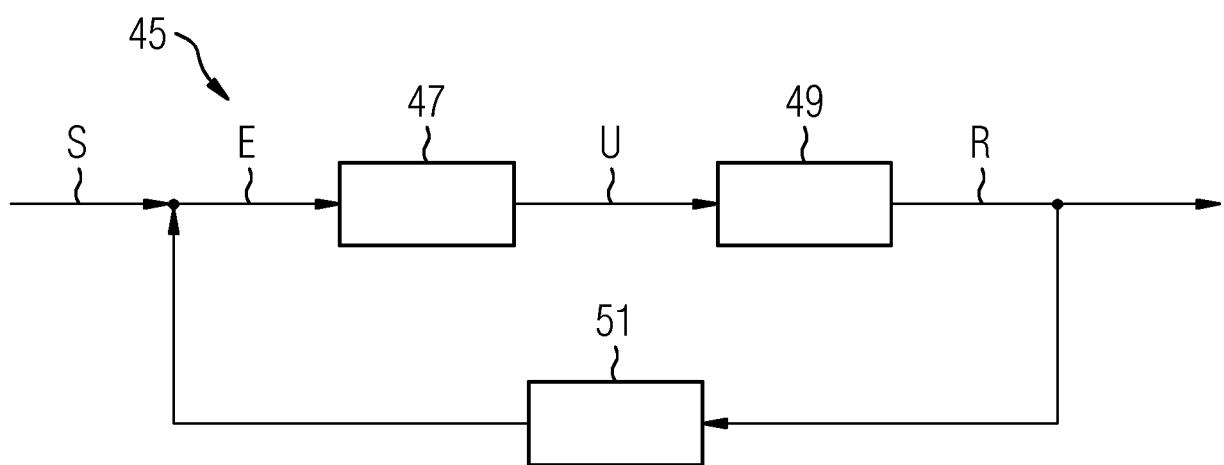


FIG 9



**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**

- EP 2527061 A1 [0003]