



(11) **EP 3 417 959 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**26.12.2018 Patentblatt 2018/52**

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

(21) Anmeldenummer: **18179585.7**

(22) Anmeldetag: **31.08.2016**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**  
Benannte Validierungsstaaten:  
**MA MD**

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

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en) nach Art. 76 EPÜ:  
**16757916.8 / 3 347 151**

(71) Anmelder: **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)**

Bemerkungen:  
Diese Anmeldung ist am 25-06-2018 als  
Teilanmeldung zu der unter INID-Code 62 erwähnten  
Anmeldung eingereicht worden.

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

(57) Die Erfindung betrifft ein Leitungsendsegment einer Kühlungs Vorrichtung zur Sekundärkühlung eines Strangs in einer Strangführung einer Stranggießanlage.

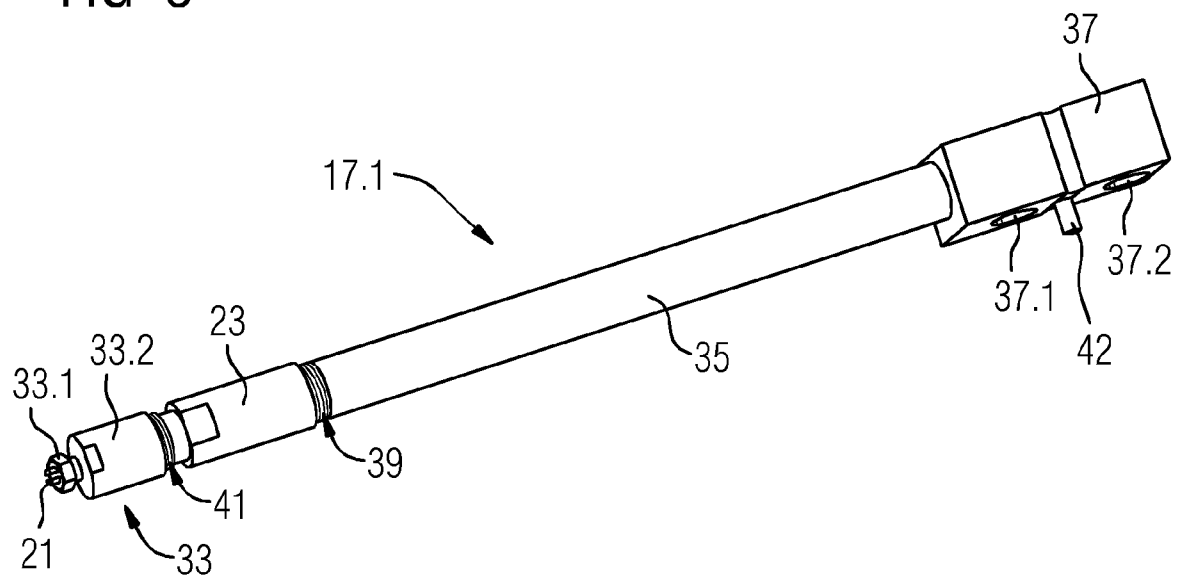
Das Leitungsendsegment weist eine Auslassdüse (33) mit einem Kühlmittelauslass (21) zur Ausgabe von Kühlmittel (19), ein Schaltventil (23) zum Ein- und Ausschalten von einem Kühlmittelleinstrom (Q), ein Segmentrohr (35) zur Führung von dem Kühlmittel (19) zu dem Kühlmittelauslass (21) der Auslassdüse (33) und zur Führung eines Endabschnitts einer Steuerleitung (25.1 bis 25.4) zum Schalten des Schaltventils (23) zu dem Schaltventil (23) und einen Verbindungsflansch (37) mit einer ersten Flanschöffnung (37.1) zur Zuführung des Kühlmittels (19) in das Segmentrohr (35) und einer zwei-

ten Flanschöffnung (37.2) zur Führung der Steuerleitung (25.1 bis 25.4) in das Segmentrohr (35).

Der Verbindungsflansch (37) ist an einem ersten Ende des Segmentrohrs (35) angeordnet und das Schaltventil (23) ist an einem zweiten Ende des Segmentrohrs (35) angeordnet. Die Auslassdüse (33) ist an dem Schaltventil (23) angeordnet. Das Segmentrohr (35) weist ein Außenrohr und ein in dem Außenrohr verlaufendes Innenrohr auf, wobei zwischen dem Außenrohr und dem Innenrohr das Kühlmittel (19) geführt wird und das Innenrohr den Endabschnitt der Steuerleitung (25.1 bis 25.4) bildet oder umgibt.

**EP 3 417 959 A1**

FIG 3



## 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 Sekundärkühlrichtung 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 Kühlmittelstrom erhöht und zusätzlich auch bei kleinen Kühlmittelstromen die Ausbildung eines geeigneten Strahlprofils (insbesondere des Öffnungswinkels des Kühlmittelstrahls aus dem Kühlmittelaustritt) 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 Kühlmittelauslässen zur Ausgabe jeweils eines Kühlmittelstroms auf den Strang, wenigstens ein Schaltventil, mit dem wenigstens ein Kühlmittelstrom ein- und abschaltbar ist, eine Steuereinheit, die zu einer Pulsweitenmodulation wenigstens eines Kühlmittelstroms in einem Strombereich für einen zeitlichen Mittelwert des Kühlmittelstroms durch eine pulsweitenmodulierte Ansteuerung eines Schaltventils ausgebildet ist und einen Regelkreis zur Regelung eines Kühlmittelstroms oder Kühlmittelstroms in dem Kühlmittelverteilungssystem.

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

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

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

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

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

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

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

**[0013]** Die Erfindung ermöglicht auch, das Betriebsfenster bereits existierender herkömmlicher Kühlungs-  
vorrichtungen in relativ einfacher und kostengünstiger  
Weise zu erweitern, d. h. diese Kühlungs-  
vorrichtungen derart umzugestalten, dass Kühlmittelstrahlen eines vor-  
gesehenen Strahlprofils über ein größeres Stromwer-  
teintervall der Kühlmittelstromströme realisiert werden  
können. Dazu brauchen lediglich Schaltventile und eine  
mit den Schaltventilen verbundene Steuereinheit zur  
pulsweitenmodulierten Ein- und Abschaltung von Kühl-  
mitteleinzelströmen eingebaut werden, beispielsweise  
indem existierende herkömmliche Leitungssegmente  
durch Leitungssegmente mit Schaltventilen ersetzt und  
die Schaltventile mit der Steuereinheit über (im Vergleich  
zu Kühlmittelleitungen kostengünstige) Steuerleitungen  
verbunden werden, ohne das Kühlmittelverteilungssys-  
tem als Ganzes aufwändig zu verändern oder zu erset-  
zen. Eine derartige Umgestaltung kann zudem vorteilhaft  
schrittweise erfolgen, so dass der Betrieb der Strang-  
gießanlage jeweils nur für relativ kurze Umbauzeiten un-  
terbrochen werden muss.

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

**[0015]** Wie oben bereits erwähnt wurde, werden die  
Kühlmittelauslässe vorzugsweise jeweils von einer Aus-  
lassdüse gebildet. Eine Weitergestaltung dieser Ausge-  
staltung der Erfindung sieht vor, dass wenigstens eine  
Auslassdüse eine austauschbare Düsenspitze aufweist.

**[0016]** Durch von Auslassdüsen gebildete Kühlmittel-  
auslässe können vorteilhaft zur Strangkühlung beson-  
ders geeignete Strahlprofile der von den Kühlmittelaus-  
lässen abgegebenen Kühlmittelstrahlen erzeugt werden.  
Auslassdüsen mit austauschbaren Düsenspitzen er-  
möglichen vorteilhaft, diese Strahlprofile erforderlichen-  
falls in einfacher Weise durch den Austausch der Düsens-  
pitzen zu verändern.

**[0017]** Weitere Ausgestaltungen der Erfindungen se-  
hen vor, dass entweder mit jedem Schaltventil genau ein  
Kühlmittelstrom oder mit wenigstens einem Schalt-  
ventil mehrere Kühlmittelstromströme ein- und abschalt-  
bar sind.

**[0018]** Schaltventile, mit denen jeweils genau ein Kühl-  
mitteleinzelstrom ein- und abschaltbar ist, sind schneller  
schaltbar als gleichartige Schaltventile für jeweils meh-  
rere Kühlmittelstromströme und ermöglichen dadurch ei-  
ne höhere Taktfrequenz der Pulsweitenmodulation der  
Kühlmittelstromströme. Ferner ermöglichen sie durch ei-  
ne individuelle Ansteuerung der Schaltventile eine flexib-  
lere Steuerung der Kühlung und reduzieren die Auswir-  
kungen eines Ausfalls eines einzelnen Schaltventils.  
Schaltventile für jeweils mehrere Kühlmittelstromströme

reduzieren dagegen vorteilhaft die Anzahl der benötigten  
Schaltventile und damit die Kosten und den Aufwand zur  
Realisierung der Kühlungs-  
vorrichtung gegenüber  
Schaltventilen für jeweils einen Kühlmittelstromström.  
Es hängt daher von den jeweiligen Anforderungen an die  
Kühlungs-  
vorrichtung ab, ob Schaltventile für jeweils ei-  
nen Kühlmittelstromström oder mehrere Kühlmittelstrom-  
ströme vorteilhafter sind.

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

**[0020]** Diese Ausgestaltungen ermöglichen vorteilhaft  
eine über einen Abschnitt einer Strangführung gleichmä-  
ßig verteilte Sekundärkühlung eines Strangs, insbeson-  
dere wenn die Kühlungs-  
vorrichtung jeweils mehrere  
Längs- und Querreihen von Kühlmittelauslässen auf-  
weist.

**[0021]** Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht  
eine Druckerfassungsvorrichtung zur Erfassung eines  
Kühlmitteldrucks oder einen Durchflussmesser zur Er-  
fassung eines Kühlmittelstroms in dem Kühlmittelver-  
teilungssystem vor.

**[0022]** Eine derartige Druckerfassungsvorrichtung er-  
möglicht vorteilhaft eine Analyse und Überprüfung von  
Funktionen der Kühlungs-  
vorrichtung, beispielsweise die  
Ermittlung eines Verstopfungsgrades von Kühlmittelaus-  
lässen, durch eine Auswertung der von der Druckerfas-  
sungsvorrichtung erfassten Signale. Außerdem kann ein  
Ist-Wert eines Kühlmitteldrucks oder Kühlmittelstroms  
zur Regelung des Kühlmitteldrucks oder Kühlmittel-  
stroms im Kühlmittelverteilungssystem erfasst werden.

**[0023]** Bei einem erfindungsgemäßen Kühlungsver-  
fahren zur Sekundärkühlung eines Strangs in einer  
Strangführung einer Stranggießanlage durch eine erfin-  
dungsgemäße Kühlungs-  
vorrichtung werden ein Schwel-  
lenstrom  $Q_S$  für zeitliche Mittelwerte  $\bar{Q}$  von zumindest  
einem Kühlmittelstromström und ein unterhalb des  
Schwellenstroms oder gleich dem Schwellenstrom lie-  
gender Strombereich  $\Delta Q$  vorgegeben. Für den Strombe-  
reich  $\Delta Q$  gilt  $\Delta Q = [0, Q_S]$ . In dem Strombereich liegende  
zeitliche Mittelwerte von Kühlmittelstromströmen mit  $0 \leq$   
 $\bar{Q} \leq Q_S$  werden erzeugt, indem ein Kühlmitteldruck in  
dem Kühlmittelverteilungssystem auf einen konstanten  
Druckwert eingestellt wird und jeder Kühlmittelstrom-  
ström durch eine pulsweitenmodulierte Ansteuerung ei-  
nes Schaltventils mit einem von dem zu erzeugenden  
Mittelwert abhängigen Tastgrad pulsweitenmoduliert  
wird. Außerhalb des Strombereichs liegende zeitliche  
Mittelwerte von Kühlmittelstromströmen mit  $\bar{Q} > Q_S$  wer-  
den erzeugt, indem die Schaltventile dieser Kühlmittel-  
stromströme geöffnet werden und der Kühlmitteldruck  
oder ein Kühlmittelstrom in dem Kühlmittelverteilungs-  
system mit dem Regelkreis auf einen von den zu erzeugen-

genden Kühlmittel-einzelströmen abhängigen Sollwert geregelt wird.

**[0024]** Mit dem Kühlungsverfahren wird die oben bereits erwähnte vorteilhafte Vergrößerung des Betriebsfensters der Kühlungs-vorrichtung gegenüber einer Verwendung ungepulster Kühlmittel-einzelströme realisiert.

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

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

**[0027]** Eine weitere Ausgestaltung des Kühlungsverfahrens sieht vor, dass mehrere Kühlmittel-einzelströme in dem Strombereich für ihre zeitlichen Mittelwerte derart pulsweitenmoduliert werden, dass ein von allen diesen Kühlmittel-einzelströmen zusammen gebildeter Kühlmittel-gesamtstrom auf einen Sollwert geregelt wird. Dabei wird ein Istwert des Kühlmittel-gesamtstroms 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 Kühlmittel-gesamtstroms auf einen vorgebbaren Sollwert durch Einstellen des Tastgrades und der Periodenlänge der Pulsweitenmodulation der Kühlmittel-einzelströme. Um den Istwert des Kühlmittel-gesamtstroms zu ermitteln, werden beispielsweise jeweils Kühlmittel-drücke in Leitungssegmenten, über die Kühlmittel-einzelströme ausgegeben werden, erfasst und daraus mittels Strom-Druck-Kennlinien auf die jeweils ausgegebenen Kühlmittel-einzelströme geschlossen. Der Istwert des Kühlmittel-gesamtstroms wird dann als Summe dieser Kühlmittel-einzelströme, jeweils multipliziert mit dem jeweiligen Tastgrad der Pulsweitenmodulation, gebildet.

**[0029]** Eine weitere Ausgestaltung des Kühlungsverfahrens sieht vor, dass eine Auswahl von Kühlmittelauslässen, durch die Kühlmittel-einzelströme 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 Kühlmittel-druck in dem Kühlmittelverteilungssystem erfasst und zur Ermittlung eines Verstopfungsgrades wenigstens eines Kühlmittelauslasses ausgewertet wird.

**[0032]** Dadurch kann vorteilhaft eine Fehlfunktion der Kühlungs-vorrichtung 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 Kühlmittel-auslass 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 Kühlmittel-einzelstrom (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 Kühlmittel-einzelstrom sondern der Kühlmittel-druck eingestellt, so ist es günstig, wenn wiederum der Tastgrad D bei unterschiedlichen Gießgeschwindigkeiten konstant gehalten und der Kühlmittel-druck (P) proportional zum Quadrat der Gießgeschwindigkeit eingestellt wird. Dies führt dazu, dass bei einer Verdoppelung der Gießgeschwindigkeit bei gleicher Taktfrequenz und gleichem Tastgrad der Kühlmittel-druck vervierfacht werden muss um im selben Kühlzyklus dieselbe Kühlmittelmenge auszubringen.

**[0036]** Um auch bei unterschiedlichen Kühlmittel-drücken bzw. -strömen ein gleichmäßiges Strahlprofil, idealerweise einen konstanten Öffnungswinkel, eines Kühlmittelstrahls zu erreichen, ist es vorteilhaft, wenn der Kühlmittel-druck 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](http://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 Kühlmittelstrom 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 Kühlvorrichtung 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 Kühlvorrichtung zur Sekundärkühlung eines Strangs in einer Stranggießanlage in einer perspektivischen Darstellung,

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

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

FIG 5 ein Diagramm eines Kühlmitteldrucks in Ab-

hängigkeit von einem Kühlmittelstrom einer Auslassdüse,

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

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

FIG 8 einen Tastgrad  $D$  einer Pulsweitenmodulation eines Kühlmittelstroms in Abhängigkeit von dem Mittelwert des Kühlmittelstroms, 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 Kühlvorrichtung 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 Kühlvorrichtung 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 Kühlungsanordnungen 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 Kühlungsanordnung 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 Kühlungsanordnung 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 Kühlungsanordnung 7 befindet. Ferner ist von diesem Abschnitt des Strangs 9 und von dem Kühlmittelverteilungssystem 15 der Kühlungsanordnung 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 Kühlmittelstrom 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 Düsengrundkörper 33.2 ein Innengewinde auf, das zu einem Außengewinde der Düsenspitze 33.1 korrespondiert, so dass die Düsenspitze 33.1 lösbar mit dem Düsengrundkörper 33.2 verbindbar ist. Dadurch kann durch einen Wechsel der Düsenspitze 33.1 vorteilhaft ein Strahlprofil eines von der Auslassdüse 33 ausgehenden 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 Leitungszwischensegment 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 Kühlmittelleinzelstrom  $Q$  durch eine Auslassdüse 33 der Kühlungsrichtung 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 Kühlmittelleinzelstrom  $Q$  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 Kühlmittelleinzelströme  $Q$  in der üblichen Weise, d. h. ohne Pulsweitenmodulation ausgegeben. Dazu werden die Schaltventile 23 der zu erzeugenden Kühlmittelleinzelströme  $Q$  geöffnet und der Kühlmitteldruck  $P$  oder ein Kühlmittelstrom in dem Kühlmittelverteilungssystem 15 wird mittels eines Regelkreises 45 auf einen von den zu erzeugenden Kühlmittelleinzelströmen  $Q$  abhängigen Sollwert geregelt, siehe dazu Figur 9.

**[0066]** Figur 6 zeigt einen Verlauf eines pulsweitenmodulierten Kühlmittelleinzelstroms  $Q$  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 Kühlmittelleinzelstrom  $Q$  in einer ersten Hälfte jeder Taktperiode einen konstanten, von Null verschiedenen Strompulswert  $Q_P$  und verschwindet in der zweiten Hälfte jeder Taktperiode. Dementsprechend ist der zeitliche Mittelwert  $\bar{Q}$  des Kühlmittelleinzelstroms  $Q$  in diesem Beispiel halb so groß wie der Strompulswert  $Q_P$ .

**[0067]** Durch die Pulsweitenmodulation können mit einem Strompulswert  $Q_P$ , der größer als der Schwellenstrom  $Q_S$  ist, Mittelwerte  $\bar{Q}$  eines Kühlmittelleinzelstroms  $Q$  realisiert werden, die kleiner als der Schwellenstrom  $Q_S$  sind. Mit anderen Worten können Kühlmittelleinzelströme  $Q$  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 Kühlungsrichtung 7 zur Sekundärkühlung eines Strangs 9 in einer Stranggießanlage 1 infolge einer pulsweitenmodulierten Schaltung der Schaltventile 23 ausgegeben werden. Dabei ist die Kühlungsrichtung 7 wie eines der in den Figuren 2 oder 4 dargestellten Ausführungsbeispiele ausgebildet, wobei sich Figur 7 zur Vereinfachung der Darstellung auf eine Kühlungsrichtung 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 Kühlungsrichtungen 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 Kühlmittelleinzelströme  $Q$  der Kühlmittelauslässe 21 einer Längsreihe, wobei die Kühlmittelleinzelströme  $Q$  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 Kühlmittelrücke  $P$  in Leitungssegmenten 17.1 bis 17.4, über die Kühlmittelnzelströme  $Q$  ausgegeben werden, erfasst und daraus mittels Strom-Druck-Kennlinien auf die jeweils ausgegebenen Kühlmittelnzelströme  $Q$  geschlossen. Der Istwert des Kühlmittelgesamtstroms  $Q_G$  wird dann als Summe dieser Kühlmittelnzelströme  $Q$ , jeweils multipliziert mit dem jeweiligen Tastgrad  $D$  der Pulsweitenmodulation, gebildet.

**[0072]** Figur 8 zeigt den Tastgrad  $D$  der Pulsweitenmodulation eines Kühlmittelnzelstroms  $Q$  in Abhängigkeit von dem Mittelwert  $\bar{Q}$  des Kühlmittelnzelstroms  $Q$  in dem Strombereich  $\Delta Q$ . In dem Strombereich  $\Delta Q$  liegende zeitliche Mittelwerte  $\bar{Q}$  der Kühlmittelnzelströme  $Q$  werden erzeugt, indem der Kühlmittelruck  $P$  in dem Kühlmittelverteilungssystem 15 auf einen konstanten Druckwert, der mindestens so groß wie der Schwellendruck  $P_S$  ist, eingestellt wird und jeder Kühlmittelnzelstrom  $Q$  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 Kühlmittelruck  $P$  in dem Kühlmittelverteilungssystem 15 auf den Schwellendruck  $P_S$  eingestellt wird, nimmt der Tastgradendwert  $D_m$  beispielsweise den Wert 1 an. Wenn der Kühlmittelruck  $P$  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 Kühlmittelnzelströme  $Q$  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 Pulspause oder ein kurzer Wasserpuls abgegeben, um ein Verstopfen dieser Kühlmittelauslässe 21 zu verhindern.

**[0074]** Figur 9 zeigt einen Regelkreis 45 zur Regelung eines Kühlmittelrucks  $P$  oder Kühlmittelstroms in dem Kühlmittelverteilungssystem 15, um Kühlmittelnzelströme  $Q$  zu erzeugen, die größer als der Schwellenstrom  $Q_S$  sind. Die Regelgröße  $R$  des Regelkreises 45 ist daher der Kühlmittelruck  $P$  oder Kühlmittelstrom in dem Kühlmittelverteilungssystem 15. Eine Führungsgröße  $S$  des Regelkreises 45 ist dementsprechend ein von den Kühlmittelnzelströmen  $Q$  abhängiger Sollwert des Kühlmittelrucks  $P$  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 Kühlmittelrucks  $P$  oder Kühlmittelstroms in dem

Kühlmittelverteilungssystem 15, oder eine Pumpe mit einem ihr nachgeschalteten Druck- oder Stromregler zur Reduzierung eines von der Pumpe erzeugten Kühlmittelrucks  $P$  oder Kühlmittelstroms in dem Kühlmittelverteilungssystem 15. Die Regelstrecke 49 ist das Kühlmittelverteilungssystem 15. Das Messglied 51 ist eine Druckerfassungsvorrichtung 29 zur Erfassung des Kühlmittelrucks  $P$  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.

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

#### Bezugszeichenliste

##### [0076]

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

|                                   |                       |
|-----------------------------------|-----------------------|
| 45                                | Regelkreis            |
| 47                                | Regler                |
| 49                                | Regelstrecke          |
| 51                                | Messglied             |
| D                                 | Tastgrad              |
| D <sub>m</sub>                    | Tastgradendwert       |
| E                                 | Regelabweichung       |
| P                                 | Kühlmitteldruck       |
| P <sub>S</sub>                    | Schwellendruck        |
| P <sub>M</sub>                    | Maximaldruck          |
| R                                 | Regelgröße            |
| Q                                 | Kühlmittleinzelstrom  |
| Q <sub>P</sub>                    | Strompulswert         |
| Q <sub>1</sub> bis Q <sub>4</sub> | Kühlmittelstrom       |
| Q <sub>G</sub>                    | Kühlmittelgesamtstrom |
| Q <sub>S</sub>                    | Schwellenstrom        |
| Q <sub>M</sub>                    | Maximalstrom          |
| ΔQ                                | Strombereich          |
| $\bar{Q}$                         | Mittelwert            |
| S                                 | Führungsgröße         |
| t                                 | Zeit                  |
| T                                 | Periodenlänge         |
| U                                 | Stellgröße            |

#### Patentansprüche

1. Leitungsendsegment (17.1) einer Kühlungs-  
vorrichtung (7) zur Sekundärkühlung eines Strangs (9) in  
einer Strangführung (5) einer Stranggießanlage (1),  
das Leitungsendsegment (17.1) umfassend

- eine Auslassdüse (33) mit einem Kühlmittel-  
auslass (21) zur Ausgabe von Kühlmittel (19),
- ein Schaltventil (23) zum Ein- und Ausschalten  
von einem Kühlmittleinzelstrom (Q),
- ein Segmentrohr (35) zur Führung von dem  
Kühlmittel (19) zu dem Kühlmittelauslass (21)  
der Auslassdüse (33) und zur Führung eines En-  
dabschnitts einer Steuerleitung (25.1 bis 25.4)  
zum Schalten des Schaltventils (23) zu dem  
Schaltventil (23),
- einen Verbindungsflansch (37) mit einer ersten  
Flanschöffnung (37.1) zur Zuführung des Kühl-  
mittels (19) in das Segmentrohr (35) und einer  
zweiten Flanschöffnung (37.2) zur Führung der  
Steuerleitung (25.1 bis 25.4) in das Segment-  
rohr (35),  
wobei

- der Verbindungsflansch (37) an einem ersten  
Ende des Segmentrohrs (35) und das Schalt-  
ventil (23) an einem zweiten Ende des Segmen-  
trohrs (35) angeordnet ist,
- die Auslassdüse (33) an dem Schaltventil (23)  
angeordnet ist und
- das Segmentrohr (35) ein Außenrohr und ein  
in dem Außenrohr verlaufendes Innenrohr auf-  
weist, wobei zwischen dem Außenrohr und dem

Innenrohr das Kühlmittel (19) geführt wird und  
das Innenrohr den Endabschnitt der Steuerlei-  
tung (25.1 bis 25.4) bildet oder umgibt.

- 5 2. Leitungsendsegment (17.1) nach Anspruch 1, **da-  
durch gekennzeichnet, dass** das Schaltventil (23)  
ein pneumatisch oder elektrisch oder elektromagne-  
tisch oder hydraulisch schaltbares Schaltventil (23)  
ist.
- 10 3. Leitungsendsegment (17.1) nach Anspruch 2, **da-  
durch gekennzeichnet, dass** die Steuerleitung  
(25.1 bis 25.4) im Falle eines pneumatisch schalt-  
baren Schaltventils (23) eine pneumatische Druck-  
luftleitung, im Falle eines elektrisch oder elektroma-  
gnetisch schaltbaren Schaltventils (23) eine elektri-  
sche Leitung und im Falle eines hydraulisch schalt-  
baren Schaltventils (23) eine Hydraulikflüssigkeits-  
leitung ist.
- 15 4. Leitungsendsegment (17.1) nach einem der vorher-  
gehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,  
dass** die Auslassdüse (33) eine austauschbare Düs-  
senspitze (33.1) aufweist.
- 20 5. Leitungsendsegment (17.1) nach einem der vorher-  
gehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,  
dass** das Schaltventil (23) auf das Segmentrohr  
(35), insbesondere durch eine Rohr-Ventil-Schraub-  
verbindung (39), die von einem Außengewinde an  
einer Außenoberfläche des Segmentrohrs (35) und  
einem korrespondierenden Innengewinde des  
Schaltventils (23) gebildet wird, aufgeschraubt ist.
- 25 6. Leitungsendsegment (17.1) nach einem der vorher-  
gehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,  
dass** die Auslassdüse (33) eine Düsenspitze (33.1)  
mit dem Kühlmittelauslass (21) und einen Düsen-  
grundkörper (33.2) aufweist.
- 30 7. Leitungsendsegment (17.1) nach dem vorhergehen-  
den Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** der  
Düsengrundkörper (33.2) auf das Schaltventil (23),  
insbesondere durch eine Ventil-Düse-Schraubver-  
bindung 41, die von einem Außengewinde an einer  
Außenoberfläche des Schaltventils (23) und einem  
korrespondierenden Innengewinde des Düsen-  
grundkörpers (33.2) gebildet wird, aufgeschraubt ist.
- 35 8. Leitungsendsegment (17.1) nach einem der vorher-  
gehenden Ansprüche 6 oder 7, **dadurch gekenn-  
zeichnet, dass** die Düsenspitze (33.1) mit dem Düs-  
engrundkörper 33.2, insbesondere durch ein In-  
nengewinde des Düsenkörpers (33.2) und ein kor-  
respondierendes Außengewinde der  
Düsenspitze (33.1), verschraubt ist.
- 40 9. Leitungsendsegment (17.1) nach einem der vorher-

gehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verbindungsflansch (37) einen zwischen den Flanschöffnungen (37.1, 37.2) angeordneten Zentrierungsbolzen (42) aufweist.

5

10. Kühlungs Vorrichtung (7) zur Sekundärkühlung eines Strangs (9) in einer Strangführung (5) einer Stranggießanlage (1), die Kühlungs Vorrichtung (7) umfassend zumindest ein Leitungsendsegment (17.1) nach mindestens einem der voranstehenden Ansprüche.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

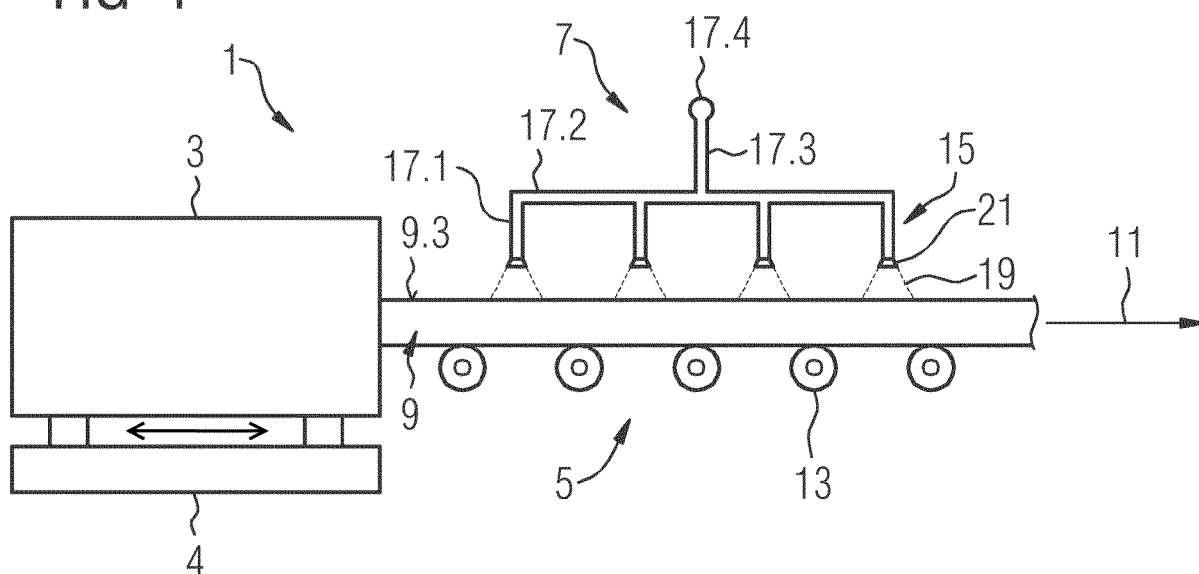


FIG 2

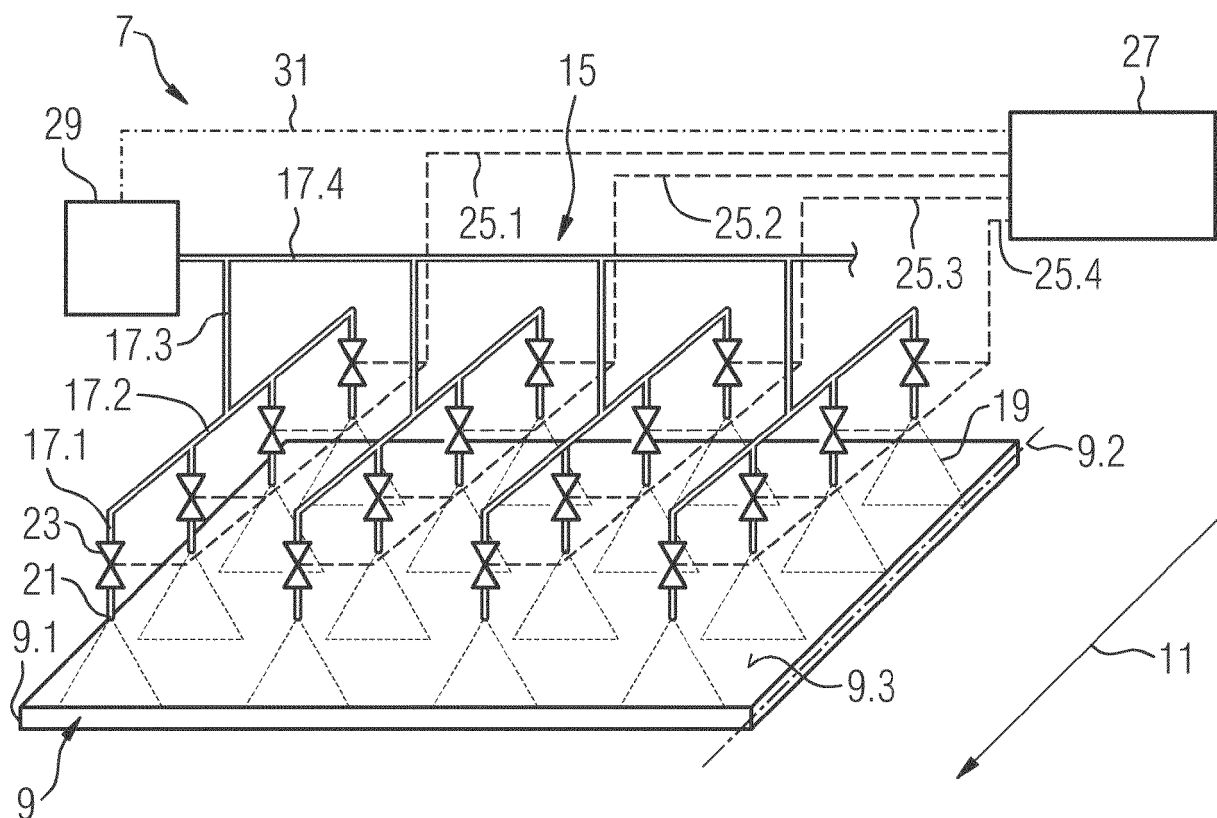


FIG 3

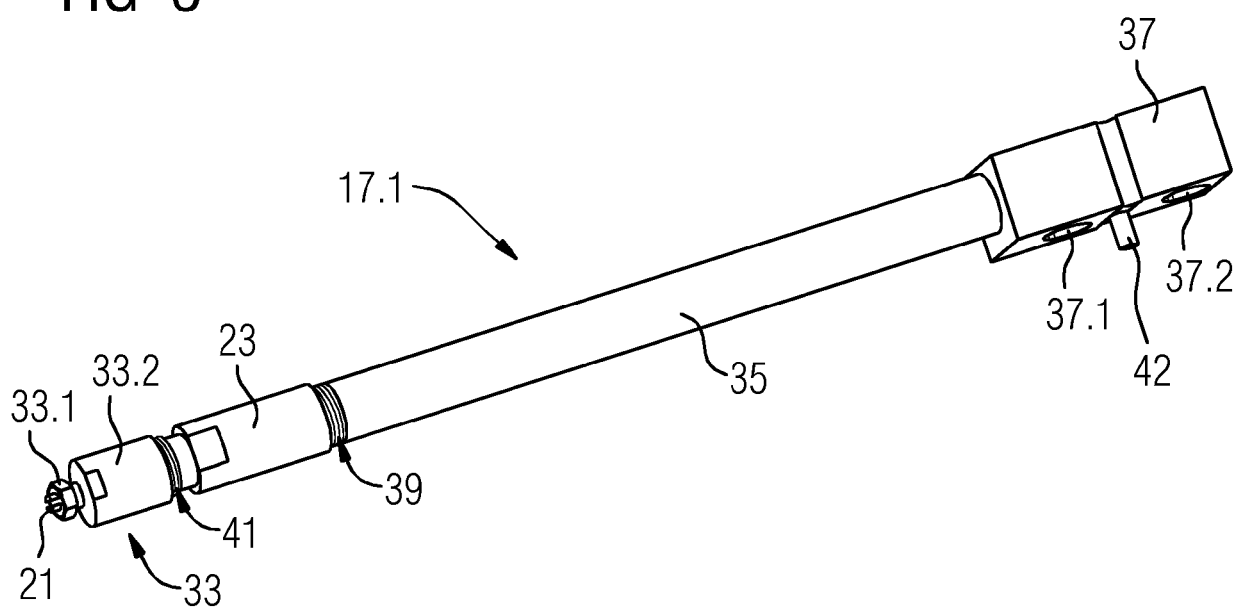


FIG 4

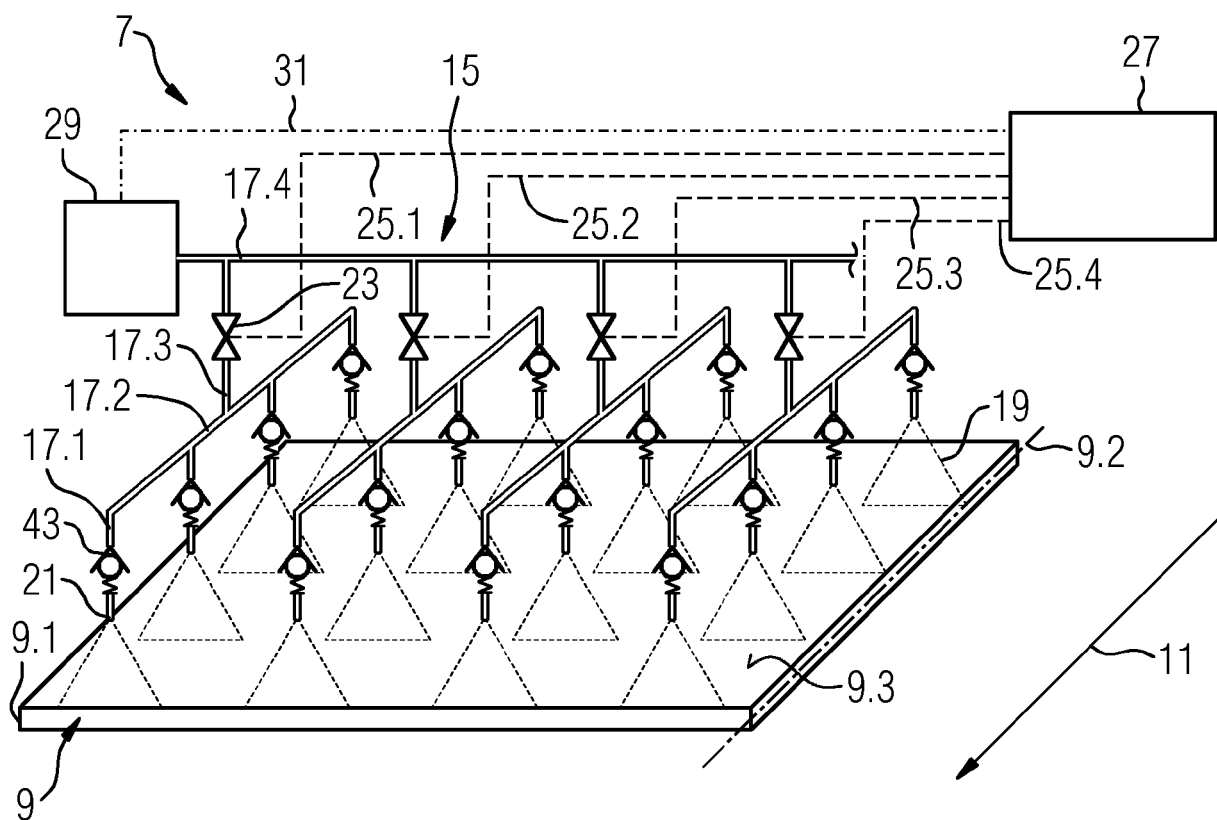


FIG 5

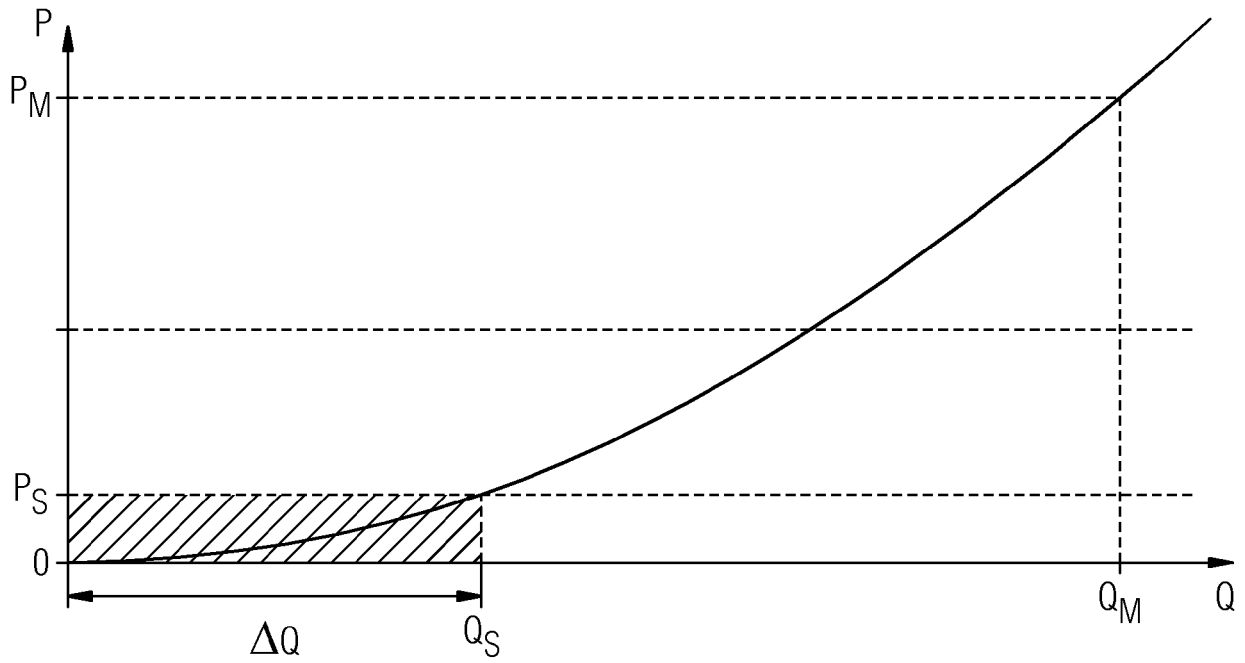


FIG 6

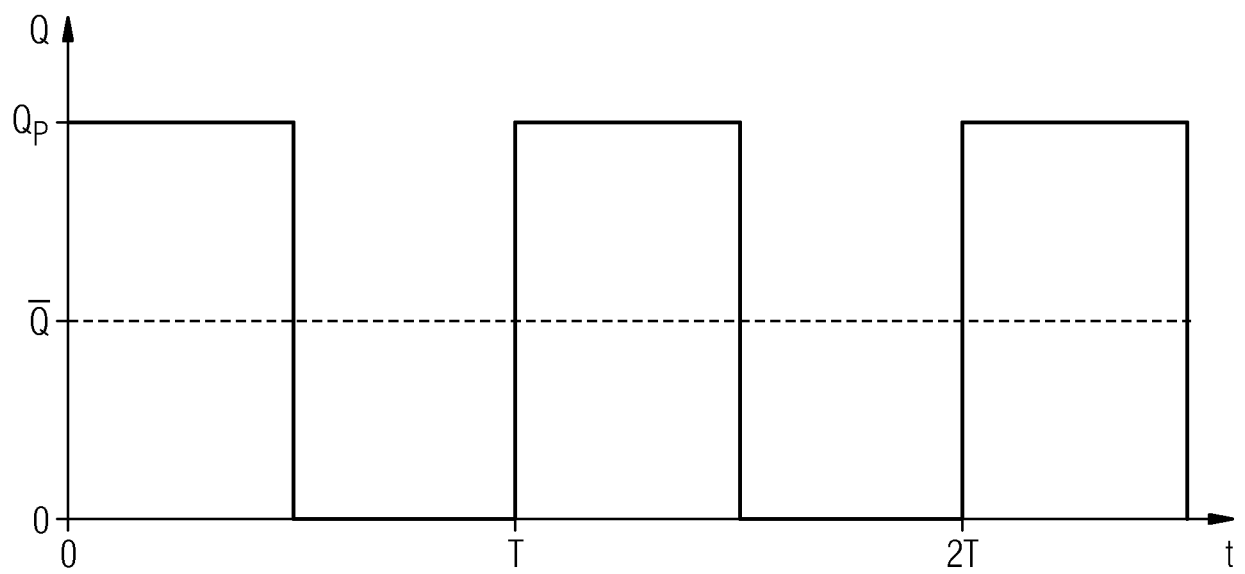


FIG 7

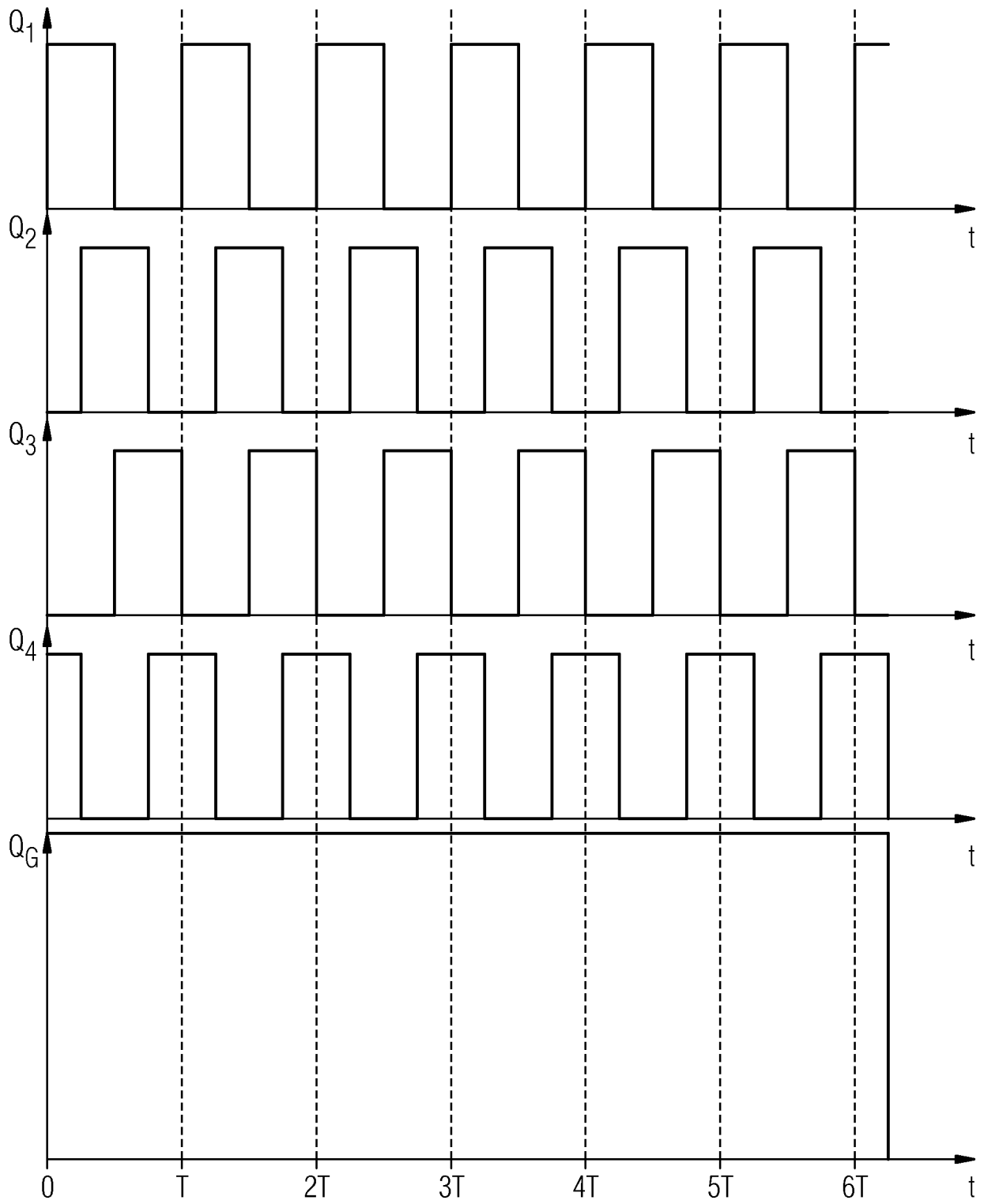


FIG 8

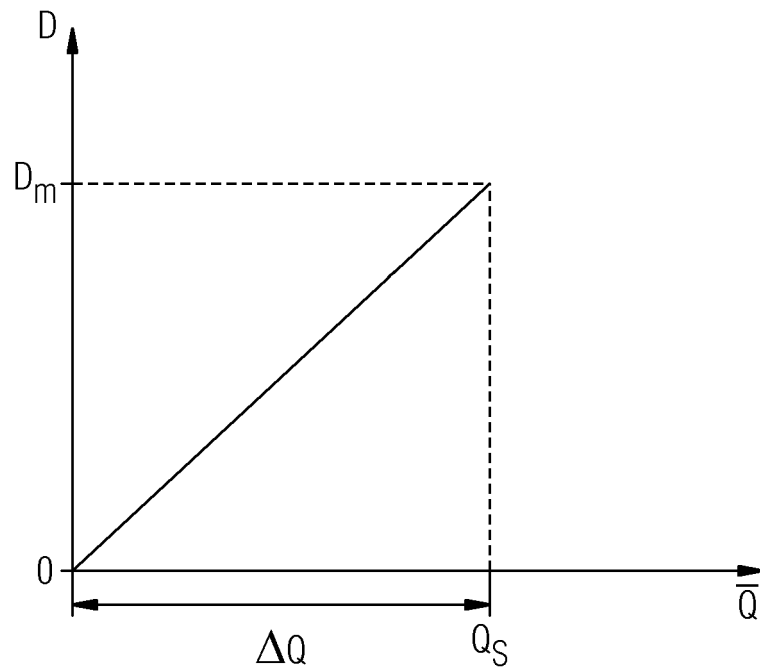
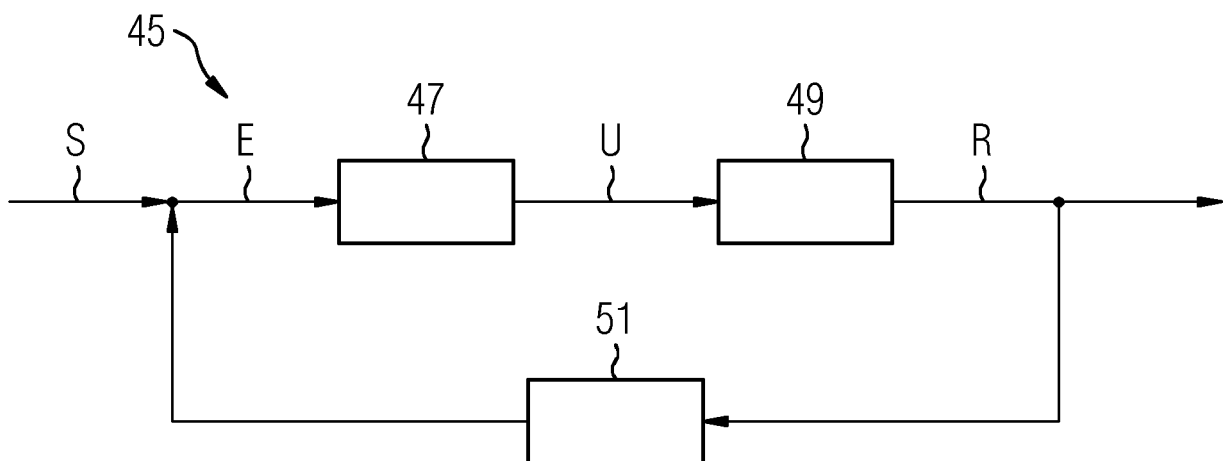


FIG 9





## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
EP 18 17 9585

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Kategorie                                                                                                                                                                                                                                                                         | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile                          | Betrifft Anspruch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)          |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                 | DE 102 00 662 A1 (VOEST ALPINE IND ANLAGEN [AT]) 29. August 2002 (2002-08-29)<br>* das ganze Dokument *      | 1-10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | INV.<br>B22D11/124<br>B05B1/08<br>B22D11/22 |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                 | DE 10 2011 106494 A1 (SMS SIEMAG AG [DE]) 13. Dezember 2012 (2012-12-13)<br>* das ganze Dokument *           | 1-10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                             |
| A,D                                                                                                                                                                                                                                                                               | EP 2 527 061 A1 (SIEMENS VAI METALS TECH GMBH [AT]) 28. November 2012 (2012-11-28)<br>* das ganze Dokument * | 1-10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | B22D<br>B05B                                |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                             |
| Recherchenort<br><b>München</b>                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                              | Abschlußdatum der Recherche<br><b>1. Oktober 2018</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Prüfer<br><b>Baumgartner, Robin</b>         |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE<br>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : mündliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur |                                                                                                              | T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument |                                             |

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

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

EP 18 17 9585

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

01-10-2018

| 10 | Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|----|----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
|    | DE 10200662 A1                                     | 29-08-2002                    | AT 409940 B                       | 27-12-2002                    |
|    |                                                    |                               | DE 10200662 A1                    | 29-08-2002                    |
|    |                                                    |                               | IT MI20020181 A1                  | 01-08-2003                    |
| 15 | -----                                              | -----                         | -----                             | -----                         |
|    | DE 102011106494 A1                                 | 13-12-2012                    | DE 102011106494 A1                | 13-12-2012                    |
|    |                                                    |                               | DE 202011110064 U1                | 16-11-2012                    |
|    | -----                                              | -----                         | -----                             | -----                         |
| 20 | EP 2527061 A1                                      | 28-11-2012                    | CN 103764315 A                    | 30-04-2014                    |
|    |                                                    |                               | EP 2527061 A1                     | 28-11-2012                    |
|    |                                                    |                               | EP 2714304 A1                     | 09-04-2014                    |
|    |                                                    |                               | ES 2621488 T3                     | 04-07-2017                    |
|    |                                                    |                               | KR 20140043766 A                  | 10-04-2014                    |
|    |                                                    |                               | RU 2013156637 A                   | 10-07-2015                    |
| 25 |                                                    |                               | WO 2012163878 A1                  | 06-12-2012                    |
|    | -----                                              | -----                         | -----                             | -----                         |
| 30 |                                                    |                               |                                   |                               |
| 35 |                                                    |                               |                                   |                               |
| 40 |                                                    |                               |                                   |                               |
| 45 |                                                    |                               |                                   |                               |
| 50 |                                                    |                               |                                   |                               |
| 55 |                                                    |                               |                                   |                               |

EPO FORM P0461

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

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

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

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- EP 2527061 A1 [0003]