

(19)



(11)

EP 3 651 919 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
23.06.2021 Patentblatt 2021/25

(51) Int Cl.:
B22D 18/04 (2006.01) **B22D 18/08** (2006.01)
B22D 27/13 (2006.01) **B22D 39/06** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18759020.3**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/AT2018/060146

(22) Anmeldetag: **13.07.2018**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2019/010513 (17.01.2019 Gazette 2019/03)

(54) **VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER GIESSVORRICHTUNG ZUM GIESSEN UNTER DRUCK**

METHOD OF OPERATING A CASTING DEVICE FOR CASTING UNDER PRESSURE

MÉTHODE DE FONCTIONNEMENT D'UN APPAREIL DE COULÉE POUR COULÉE SOUS
PRESSION

(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: **13.07.2017 AT 505892017**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.05.2020 Patentblatt 2020/21

(73) Patentinhaber: **Fill Gesellschaft m.b.H.
4942 Gurten (AT)**

(72) Erfinder: **SEHRSCHEIN, Harald
4924 Waldzell (AT)**

(74) Vertreter: **Burger, Hannes
Anwälte Burger & Partner
Rechtsanwalt GmbH
Rosenauerweg 16
4580 Windischgarsten (AT)**

(56) Entgegenhaltungen:
**CN-B- 102 632 218 JP-A- S5 820 368
JP-A- 2014 036 964 JP-B2- 5 912 547
US-A- 4 047 558 US-A- 4 741 381
US-A1- 2014 294 664**

EP 3 651 919 B1

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 ein Verfahren zum Betreiben einer Gießvorrichtung zum Gießen unter Druck, insbesondere Gegendruck- Kokillengießvorrichtung oder Niederdruck- Kokillengießvorrichtung.

[0002] Solche Gießvorrichtungen insbesondere zum Gießen unter einem durch eine Gasphase erzeugten Druck finden in der Gießereitechnik, insbesondere für die Herstellung von Gussstücken mit hohen physikalischen und mechanischen Kennwerten, insbesondere aus Leichtmetall-Legierungen, Anwendung.

[0003] Aus der WO 2011/003396 A1 ist eine Anlage zum Gießen unter Druck, mit wenigstens einer Gießvorrichtung aus einer unteren hermetisch abdichtbaren Kammer und einer oberen hermetisch abdichtbaren Kammer bekannt. Die Kammern sind durch eine Zwischenplatte bzw. Formaufspannplatte voneinander getrennt, wobei die untere Kammer einen Ofen mit Schmelze aufweist, und in der oberen Kammer eine in etwa horizontal geteilte Gießform angeordnet ist, die aus einer unteren Gießformhälfte und einer oberen Gießformhälfte angeordnet ist, besteht. Der Ofen mit Schmelze und die Gießform sind über wenigstens ein, an der Zwischenplatte bzw. Formaufspannplatte montiertes Steigrohr miteinander verbunden.

[0004] Aus der GB 1 471 882 A ist ein Druckgießverfahren bekannt, bei dem drei druckluftgesteuerte Ventile zum Einbringen von Druckluft in den Ofen verwendet werden. Der Gießprozess ist in drei Phasen unterteilt. In der ersten Phase wird das geschmolzene Metall im Steigrohr angehoben. In der zweiten Phase wird die Gießform mit Metall gefüllt. In der dritten Phase wird die gefüllte Gießform mit Druck beaufschlagt. Jedes der drei druckluftgesteuerten Ventile ist zum Einbringen von Druckluft in den Ofen in einer der drei Phasen vorgesehen.

[0005] Aus der DE 1178979 A ist ein Druckgießverfahren bekannt, bei dem unter der Einwirkung eines Druckunterschieds eine Schmelze aus einem in einer hermetisch abgedichteten Speisekammer befindlichen Ofen durch ein Gießrohr in den Hohlraum einer Gießform befördert wird, wobei die Gießform in einer anderen hermetisch abgedichteten Ausgleichskammer angeordnet ist. In der Ausgleichskammer erstarrt das Gussstück bei der dort vorliegenden Temperatur und bei dem dort vorliegenden Druck. Anschließend wird das fertige Gussstück aus der Gießform entnommen und ein neuer Gießzyklus kann durchgeführt werden.

[0006] Das dem Fachmann bekannte Gegendruck-Kokillengießverfahren, auch bekannt als CPC (Counter Pressure Casting)-Gießverfahren, ist eine Weiterentwicklung des sogenannten Niederdruck-Gießverfahrens und aus diversen Druckschriften, beispielsweise der EP 0 221 196 B1, der EP 0 564 774 B1 oder der DE 3422 121 A1 bekannt. Im Gegensatz zum, dem Fachmann ebenfalls bekannten Niederdruck- Gießverfahren wird allerdings nicht nur der Gießofen, sondern auch die Kokille bzw. Gießform mit Druckgas beaufschlagt.

[0007] Aus der US 4741381 A, der JP S58 20368 A, der US 4 047 558 A, der JP 2014 036964 A, der CN 102 632 218 B und der JP 5 912547 B2 sind weitere Gießanlagen bekannt, welche einen Gießofen aufweisen, der unter Druck gesetzt wird, wobei im Zuluftstrang des Gießofens Ventile vorgesehen sind, die zur Steuerung des Innendruckes im Gießofen dienen.

[0008] Die US 2014/294664 A1 offenbart einen Gießofen, welcher mittels eines kleinen und eines großen Ventiles unter Druck gesetzt werden kann.

[0009] Der eigentliche Gießvorgang erfolgt sowohl beim Niederdruck-Gießverfahren als auch beim Gegendruck-Kokillengießverfahren mit Hilfe eines Steigrohres, durch das die Schmelze nach oben in die Kokille gefördert wird.

[0010] Die Druckbeaufschlagung der Schmelze im Ofen zum Hochfördern der Schmelze in die Kokille wird jedoch beim Gegendruck-Kokillengießverfahren durch eine Druckdifferenz herbeigeführt, indem der Gasdruck in der Kokille etwas abgesenkt wird. Dadurch entsteht ein Überdruck im Gießofen, der für das Hochsteigen der Schmelze in die Kokille ausreicht.

[0011] Nachteilig an den bekannten Anlagen ist, dass der Gießvorgang nur sehr ungenau gesteuert werden kann und somit die Werkstückqualität des gegossenen Werkstückes Einbußen erleiden kann.

[0012] Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es, die Nachteile des Standes der Technik zu überwinden und ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, mittels dem hochqualitative Werkstücke gegossen werden können.

[0013] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß den Ansprüchen gelöst.

[0014] Insbesondere kann eine Gießvorrichtung zum Gießen unter Druck, insbesondere Gegendruck-Kokillengießvorrichtung oder Niederdruck- Kokillengießvorrichtung ausgebildet sein. Die Gießvorrichtung umfasst:

- einen Ofen in dem ein Aufnahmeraum zur Aufnahme von Schmelze ausgebildet ist, wobei der Aufnahmeraum mit Druckluft beaufschlagbar ist;
- ein Ventilblock zum geregelten Einlassen von Druckluft in den Aufnahmeraum des Ofens;
- ein Drucksensor, der zum Erfassen des im Aufnahmeraum des Ofens anliegenden Druckes ausgebildet ist;
- eine Gussform, die einen Formhohlraum bildet;
- eine Zwischenplatte, die zwischen dem Ofen und der Gussform angeordnet ist, wobei die Gussform an der Zwischenplatte befestigt ist;
- zumindest ein Steigrohr, mittels welchem der Aufnahmeraum des Ofens mit der Gussform strömungsverbunden ist. Der Ventilblock umfasst zumindest vier Einzelventile, welche dazu geeignet sind, parallel zueinander Druckluft in den Aufnahmeraum des Ofens einströmen zu lassen, wobei zumindest zwei der Einzelventile zueinander unterschiedliche Kenndaten aufweisen, wobei die Einzelventile mit einem elektronischen Digitalrechner gekoppelt

sind, von welchem sie angesteuert werden, wobei der elektronische Digitalrechner mit dem Drucksensor gekoppelt ist, wobei die Einzelventile unabhängig voneinander einzeln oder auch gleichzeitig geöffnet werden können, sodass verschiedene Durchflussmengen einstellbar sind.

[0015] Von Vorteil an der Gießvorrichtung ist, dass mittels der zumindest vier Einzelventile die Luftdurchflussmenge variabel eingestellt werden kann und somit der Gießprozess exakt gesteuert werden kann. Durch die Ansteuerung der einzelnen Ventile mittels dem elektronischen Digitalrechner kann darüber hinaus auch der zeitliche Ablauf des Gießvorganges exakt gesteuert werden. Der Drucksensor dient hierbei als Überwachungsgröße für den Regelzyklus. Dadurch, dass die Einzelventile unabhängig voneinander einzeln oder auch gleichzeitig geöffnet werden können, und darüber hinaus unterschiedliche Kenndaten aufweisen, kann durch selektives Schalten der Einzelventile die Luftdurchflussmenge annähernd stufenlos bzw. im Idealfall sogar zur Gänze stufenlos eingestellt werden.

[0016] Ferner kann vorgesehen sein, dass die Einzelventile in Form von Schieberventilen ausgebildet sind. Von Vorteil ist hierbei, dass derartige Schieberventile ein exaktes Schaltverhalten aufweisen und somit die Luftdurchflussmenge unter Verwendung von Schieberventilen exakt einstellbar ist.

[0017] Darüber hinaus kann vorgesehen sein, dass die Einzelventile in Form von digital gesteuerten Ventilen ausgebildet sind. Von Vorteil ist hierbei, dass digital gesteuerte Ventile direkt vom elektronischen Digitalrechner angesteuert werden können und somit sehr kurze Schaltzeiten bzw. Reaktionszeiten aufweisen können.

[0018] Vorteilhaft ist auch eine Ausprägung, gemäß welcher vorgesehen sein kann, dass an der Druckluftversorgungsseite des Ventilblockes zumindest ein weiterer Drucksensor angeordnet ist, welcher mit dem elektronischen Digitalrechner gekoppelt ist. Von Vorteil ist hierbei, dass durch diese Maßnahme auch der am Ventilblock anliegende Eingangsdruck berücksichtigt werden kann. Somit kann das Strömungsverhalten der Einzelventile vorausgesagt werden, wodurch die Regelung der zugeführten Luftmenge vereinfacht wird.

[0019] Gemäß einer Weiterbildung ist es möglich, dass im Aufnahmeraum des Ofens ein Temperatursensor angeordnet ist, welcher mit dem elektronischen Digitalrechner gekoppelt ist. Von Vorteil ist hierbei, dass durch diese Maßnahme die Temperatur im Aufnahmeraum des Ofens und somit auch die Wärmedehnung der Luft, welche in den Aufnahmeraum des Ofens eingebracht wird, berücksichtigt werden kann.

[0020] Ferner kann es zweckmäßig sein, wenn die Gussform einen unteren Gussformteil und einen oberen Gussformteil umfasst, wobei die beiden Gussformteile im zusammengefügt Zustand einen Formhohlraum bilden und eine Tragkonstruktion ausgebildet ist, an welcher der obere Gussformteil angeordnet ist, wobei der

obere Gussformteil mittels der Tragkonstruktion relativ zum unteren Gussformteil verschiebbar ist. Von Vorteil ist hierbei, dass durch diese Maßnahme die beiden Gussformteile einfach zueinander zu bewegen sind.

[0021] Beim Verfahren zum Betreiben einer obig beschriebenen Gießvorrichtung ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass das Verfahren die folgenden Verfahrensschritte umfasst:

- Erfassen des Druckes im Aufnahmeraum des Ofens;
- Regelung der zumindest vier Einzelventile des Ventilblockes mittels dem elektronischen Digitalrechner, wobei die Regelung der Einzelventile auf Basis des vom Drucksensor erfassten Druckes im Aufnahmeraum des Ofens und auf Basis eines mathematischen Modells der Gießvorrichtung erfolgt, wobei im mathematischen Modell der Gießvorrichtung die Kenndaten aller Einzelventile des Ventilblockes hinterlegt ist.

[0022] Von Vorteil am erfindungsgemäßen Verfahren ist, dass durch die Regelung der Einzelventile des Ventilblockes auf Basis des mathematischen Modells der Gießvorrichtung die einzelnen Gießschritte hochgenau und zeitlich exakt abgestimmt erfolgen können. Dadurch ist es möglich, Gusswerkstücke von extrem hoher Qualität herzustellen.

[0023] Weiters kann vorgesehen sein, dass im mathematischen Modell der Gießvorrichtung die Druckluftleckage aus dem Aufnahmeraum des Ofens berücksichtigt ist. Von Vorteil ist hierbei, dass dadurch die Genauigkeit der Druckluftregelung verbessert werden kann.

[0024] Gemäß einer besonderen Ausprägung ist es möglich, dass die Druckluftleckage dadurch ermittelt wird, dass der Aufnahmeraum des Ofens mit Luftdruck beaufschlagt wird und dass anschließend die Einzelventile des Ventilblockes geschlossen werden und der Druckabfall über die Zeit beobachtet wird. Durch diese Maßnahme kann in periodischen Zeitabständen die aktuell vorliegende Druckluftleckage ermittelt werden und somit ein hochgenaues Modell der Gießvorrichtung bereitgestellt werden.

[0025] Entsprechend einer vorteilhaften Weiterbildung kann vorgesehen sein, dass im mathematischen Modell der Gießvorrichtung die geometrischen Abmessungen des Aufnahmeraumes des Ofens hinterlegt sind. Von Vorteil ist hierbei, dass auf Basis der Kenntnis der geometrischen Abmessungen des Aufnahmeraumes des Ofens, der Zusammenhang zwischen dem Füllstand der Schmelze im Aufnahmeraum und dem für Druckluft frei zugänglichen Bereich berücksichtigt werden kann.

[0026] Insbesondere kann es vorteilhaft sein, wenn im mathematischen Modell der Gießvorrichtung das Strömverhalten der Einzelventile in Abhängigkeit vom Druck im Aufnahmeraum des Ofens und vom Druck an der Druckluftversorgungsseite des Ventilblockes hinterlegt ist. Ferner kann vorgesehen sein, dass im mathematischen Modell der Gießvorrichtung die Wärmedehnung

der Luft im Aufnahmeraum des Ofens berücksichtigt wird, wobei diese auf Basis des thermischen Ausdehnungskoeffizienten der zugeführten Luft, der geometrischen Abmessungen des Aufnahmeraumes des Ofens, der Füllmenge von Schmelze im Aufnahmeraum des Ofens, der Temperatur der zugeführten Luft und der Temperatur im Aufnahmeraum des Ofens berechnet wird. Von Vorteil ist hierbei, dass durch diese Maßnahme die Genauigkeit des Gießvorganges und dadurch die Werkstückgüte verbessert werden kann.

[0027] Darüber hinaus kann vorgesehen sein, dass im mathematischen Modell der Gießvorrichtung der Füllzustand der Schmelze im Aufnahmeraum berücksichtigt wird.

[0028] Gemäß einer Weiterbildung kann vorgesehen sein, dass der Füllzustand der Schmelze im Aufnahmeraum nach einem neuen Befüllvorgang des Aufnahmeraumes dadurch berechnet wird, dass der Aufnahmeraum druckfrei gemacht wird, anschließend mittels den Einzelventilen des Ventilblockes ein bestimmter Volumenstrom an Luft in den Aufnahmeraum des Ofens eingelassen wird und dabei über den zeitlichen Verlauf des Druckanstieges im Aufnahmeraum des Ofens das freie Volumen und davon abgeleitet das mit Schmelze befüllte Volumen im Aufnahmeraum des Ofens berechnet wird. Von Vorteil ist hierbei, dass der Füllzustand der Schmelze im Aufnahmeraum somit nicht durch weitere Sensoren ermittelt werden muss, welche einen komplizierten Aufbau aufweisen und auch fehleranfällig sind.

[0029] Gemäß einer Weiterbildung ist es möglich, dass die Einzelventile des Ventilblockes zum Regeln der Durchflussmenge der Luft nur in den Offenzustand oder in den Geschlossenzustand gebracht werden, und daher ausschließlich binärzustände einnehmen. Von Vorteil ist hierbei, dass durch diese Maßnahme die Durchflussmengen an Druckluft in den Einzelventilen exakt bekannt ist. Somit kann zu jedem Zeitpunkt die aktuelle Durchflussmenge an Druckluft genau gesteuert werden.

[0030] Ferner kann es zweckmäßig sein, wenn die Einzelventile beim Öffnungsvorgang mit einer erhöhten Überspannung beaufschlagt werden, um die Schaltzeit zu verkürzen und anschließend unter Beaufschlagung mit einer niedrigeren Schaltspannung im Offenzustand gehalten werden. Von Vorteil ist hierbei, dass durch diese Maßnahme die Schaltzeiten der einzelnen Ventile verkürzt werden können und somit eine hochgenaue Regelung ermöglicht wird.

[0031] Darüber hinaus kann vorgesehen sein, dass beim Entfernen des fertig gegossenen Werkstückes aus der Gießvorrichtung die Einzelventile des Ventilblockes derart angesteuert werden, dass die Leckage der Druckluft aus dem Ofen ausgeglichen wird und somit der Druck im Aufnahmeraum des Ofens gleichbleibend groß ist und die Schmelze im Steigrohr nicht absinkt. Von Vorteil ist hierbei, dass durch diese Maßnahme die Schmelze im Steigrohr beim Gießen eines neuen Gusswerkstückes nicht zuerst wieder angehoben werden muss, sondern dass der eigentliche Gießvorgang unverzüglich gestartet

werden kann. Dadurch kann die Gießzeit verringert werden und die Effizienz des Gießvorganges bzw. der Gießanlage wesentlich erhöht werden.

[0032] Gemäß der Erfindung werden die Einzelventile des Ventilblockes derart angesteuert, dass eines der Einzelventile geöffnet wird, während ein anderes der Einzelventile geschlossen wird und somit das zeitliche Verhalten der Luftdurchflussmengen in den Einzelventilen während dem Öffnungsvorgang und während dem Schließvorgang genutzt wird, um eine bestimmte Gesamtdurchflussmenge des Ventilblockes zu erreichen. Von Vorteil ist hierbei, dass durch diese Maßnahme die Durchflussmenge des Ventilblockes mit einer feineren Abstufung eingestellt werden kann, als der Anteil eines Einzelventiles an der Gesamtdurchflussmenge beträgt. Hierbei kann es notwendig sein, dass die Einzelventile ständig geschaltet werden.

[0033] Weiters kann vorgesehen sein, dass die Einzelventile des Ventilblockes über einen bestimmten Zeitraum gesehen derart oft geöffnet bzw. wieder geschlossen werden, dass die integrierte geöffnete Zeit eines Ventils über diesen Zeitraum die Durchflussmenge bestimmt. Mit anderen Worten ausgedrückt kann durch diese Maßnahme in den Einzelventilen des Ventilblockes eine Pulsweitenmodulation realisiert werden.

[0034] Zu den wichtigsten Kenndaten der Einzelventile zählt die Luftdurchflussmenge im zur Gänze geöffneten Zustand und bei einer bestimmten Viskosität der Luft. Die Luftdurchflussmenge bei einer bestimmten Viskosität der Luft wird hauptsächlich durch den Durchflussquerschnitt beeinflusst. Weiters kann die Luftdurchflussmenge durch die Geometrie des Einzelventiles beeinflusst werden. Weitere Kenndaten sind das Öfferverhalten des Einzelventils und das Schließverhalten des Einzelventils. Als Öfferverhalten und Schließverhalten des Einzelventils wird das zeitliche Verhalten der Luftdurchflussmengen während dem Öffnungsvorgang und während dem Schließvorgang bezeichnet.

[0035] Als Ventilblock wird eine Ansammlung von mehreren Einzelventilen bezeichnet, welche dazu geeignet sind parallel zueinander Druckluft in den Aufnahmeraum des Ofens einströmen zu lassen. Vorzugsweise sind die Einzelventile hierbei im Ventilblock baulich miteinander gekoppelt. Es ist jedoch auch denkbar und als Äquivalent anzusehen, wenn die Einzelventile nicht baulich miteinander gekoppelt sind. Als Ventilblock in seiner breitesten Definition wird somit das Vorhandensein von mehreren Einzelventilen verstanden, welche dazu geeignet sind parallel zueinander Druckluft in den Aufnahmeraum des Ofens einströmen zu lassen.

[0036] Die Zwischenplatte kann auch als Formauffspannplatte bezeichnet werden, da sie zur Aufnahme und zum Befestigen des unteren Gussformteiles dient.

[0037] Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

[0038] Es zeigen jeweils in stark vereinfachter, schematischer Darstellung:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer Gießvorrichtung.

[0039] Einführend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsformen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind diese Lageangaben bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen.

[0040] Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer Gießvorrichtung 1. Die Gießvorrichtung 1 ist insbesondere eine Niederdruck-Kokillengießvorrichtung oder eine Gegendruck-Kokillengießvorrichtung.

[0041] Die Gießvorrichtung 1 umfasst einen Ofen 2 in dem ein Aufnahmeraum 3 zur Aufnahme von Schmelze 4 ausgebildet ist. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass im Ofen 2 ein Behältnis 5 angeordnet ist, in welchem die Schmelze 4 aufgenommen wird. Das Behältnis 5 kann aus einem keramischen Werkstoff gebildet sein, welcher eine hohe Temperaturbeständigkeit aufweist. Der Ofen 2 kann insbesondere dazu dienen, um die Schmelze 4 auf einem hohen Temperaturniveau zu halten, sodass sie im geschmolzenen Zustand verbleibt.

[0042] Weiters ist eine Zwischenplatte 6 ausgebildet, welche den Ofen 2 nach oben hin begrenzt. Die Zwischenplatte 6 kann entweder als eigener Bauteil oder als integraler Bauteil des Ofens 2 ausgebildet sein. Oberhalb der Zwischenplatte 6 ist eine Gussform 7 angeordnet, welche einen unteren Gussformteil 8 und einen oberen Gussformteil 9 aufweist. Die beiden Gussformteile 8, 9 bilden einen Formhohlraum 10 aus, welcher zur Aufnahme der Schmelze 4 und zur Formgebung des Gusswerkstückes dient.

[0043] Die Gussform 7 kann beispielsweise in Form einer Kokille ausgebildet sein, welche zum Abgießen von mehreren tausend Werkstücken geeignet ist.

[0044] Alternativ dazu ist es auch denkbar, dass die Gussform 7 als verlorene Gussform ausgebildet ist, wie etwa aus einem Sandmaterial, und somit nur zum Abguss eines einzelnen Werkstückes dient.

[0045] Weiters ist ein Steigrohr 11 ausgebildet, welches in den Aufnahmeraum 3 des Ofens 2 hineinragt und die Zwischenplatte 6 durchdringt. Der untere Gussformteil 8 kann direkt an das Steigrohr 11 anschließen und einen Schmelzeeinlauf 12 aufweisen, in welchen das Steigrohr 11 mündet. Außerdem ist stark vereinfacht eine Tragkonstruktion 13 dargestellt, die mit dem oberen Gussformteil 9 gekoppelt sein kann und zum Bewegen des oberen Gussformteiles 9 relativ zum unteren Gussformteil 8 dienen kann.

[0046] Der Ofen 2 weist darüber hinaus eine Druck-

luftzufuhröffnung 14 auf, durch welche Druckluft in den Aufnahmeraum 3 des Ofens 2 eingebracht werden kann. Durch beaufschlagen des Aufnahmeraums 3 des Ofens 2 mit Druckluft wird die Schmelze 4 im Steigrohr 11 in den Formhohlraum 10 gedrückt.

[0047] Darüber hinaus kann eine Druckluftzufuhrleitung 15 vorgesehen sein, welche an die Druckluftzufuhröffnung 14 angeschlossen ist. An die Druckluftzufuhrleitung 15 kann in einem Abzweiger ein Ablassventil 16 gekoppelt sein, welches zum Ablassen der Druckluft aus dem Aufnahmeraum 3 des Ofens 2 dient.

[0048] Alternativ dazu kann auch vorgesehen sein, dass das Ablassventil 16 an einem eigenen Anschluss an den Ofen 2 gekoppelt ist.

[0049] Mit der Druckluftzufuhrleitung 15 kann darüber hinaus ein Ventilblock 17 gekoppelt sein, welcher mehrere Einzelventile 18 aufweist. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die Einzelventile 18 des Ventilblockes 17 in Parallelschaltung zueinander ausgebildet sind. Die einzelnen im Ventilblock 17 ausgebildeten Einzelventile 18 weisen eine zueinander unterschiedliche Durchflussgröße auf, wodurch im Ventilblock 17 durch selektives Schalten der Einzelventile 18 verschiedene Durchströmmengen eingestellt werden können. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass einige der Einzelventile 18 gleiche Kenndaten aufweisen und dass einige der Einzelventile 18 zueinander unterschiedliche Kenndaten aufweisen.

[0050] Beispielsweise ist es denkbar, dass der Ventilblock 17 insgesamt dreizehn Einzelventile 18 aufweist, wobei die Einzelventile 18 insgesamt sechs unterschiedliche Kenndaten aufweisen.

[0051] Darüber hinaus ist ein elektronischer Digitalrechner 19 ausgebildet, welcher zur Steuerung der Einzelventile 18 bzw. des Ablassventiles 16 dient. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass mit dem elektronischen Digitalrechner 19 ein Drucksensor 20 gekoppelt ist, welcher den im Aufnahmeraum 3 des Ofens 2 herrschenden Innendruck erfasst.

[0052] Darüber hinaus kann ein weiterer Drucksensor 21 ausgebildet sein, welcher den Eingangsdruck des Ventilblockes 17 erfasst.

[0053] Optional kann noch ein weiterer Drucksensor 22 ausgebildet sein, welcher den Ausgangsdruck des Ventilblockes 17 umfasst. Dieser weitere Drucksensor 22 und der Drucksensor 20 befinden sich im selben Strömungsraum, wodurch der weitere Drucksensor 22 auch weggelassen werden kann. Weiters kann ein Temperatursensor 23 ausgebildet sein, mittels welchem eine Temperatur im Inneren des Ofens 2 erfasst werden kann. Darüber hinaus kann ein weiterer Temperatursensor 24 ausgebildet sein, mittels welchem die Temperatur der in den Ofen 2 einströmenden Druckluft erfasst werden kann.

[0054] Im Folgenden wird ein Verfahren zum Herstellen eines Gusswerkstückes bzw. ein Verfahren zum Betreiben der Gießvorrichtung 1 beschrieben.

[0055] In einem ersten Verfahrensschritt wird der Ofen

2 unter Druck gesetzt und anschließend die Druckluftzufuhr geschlossen. Über den zeitlichen Verlauf des Druckabfalles im Inneren des Ofens 2 kann die Leckagemenge an Druckluft im Ofen 2 ermittelt werden. Diese Leckagemenge wird im mathematischen Modell des Ofens hinterlegt und dient in weiterer Folge als Größe zur Regelung der Druckluftzufuhr des Ofens 2. Zur Ermittlung der Leckagemenge kann das Steigrohr 11 entweder durch die Schmelze und/oder durch einen zusätzlichen Verschluss verschlossen werden. Weiters kann die Leckagemenge des Ofens 2 ermittelt werden, während im Ofen 2 ein Behälter 5 mit Schmelze 4 angeordnet ist oder auch während im Ofen 2 kein Behälter 5 mit Schmelze 4 angeordnet ist.

[0056] Durch Kenntnis der Kenngrößen der Einzelventile 18 und somit Kenntnis der zugeführten Luftmenge über den zeitlichen Verlauf, sowie durch Kenntnis der Leckage im Ofen 2 kann die zeitliche Massenbilanz der Luftmenge im Ofen exakt bestimmt bzw. gesteuert werden.

[0057] In einem weiteren Verfahrensschritt wird das Behälter 5 mit Schmelze 4 befüllt bzw. ein mit Schmelze 4 aufgefülltes Behälter 5 in den Ofen 2 eingebracht.

[0058] Die Menge an Schmelze 4 im Behälter 5 kann beispielsweise über Gewichtssensoren 26 ermittelt werden.

[0059] Alternativ dazu ist es auch denkbar, dass die Menge an Schmelze 4 im Behälter 5 dadurch ermittelt wird, dass Druck auf den Innenraum des Ofens 2 aufgebracht wird, wodurch die Schmelze 4 im Steigrohr 11 aufsteigt. Durch Kenntnis der physikalischen Eigenschaften der Schmelze 4, des frei verfügbaren Volumens innerhalb des Ofens 2 sowie der geometrischen Eigenschaften des Ofens 2 und des Behälters 5, sowie des Druckes, der Temperatur und der in den Ofen 2 eingebrachten Luftmenge, sowie der physikalischen Eigenschaften der in den Ofen 2 eingebrachten Druckluft kann die Verdrängung der Schmelze 4 berechnet werden und daraus die Füllmenge an Schmelze 4 im Behälter 5 berechnet werden.

[0060] In einem weiteren Verfahrensschritt kann anschließend der eigentliche Gießvorgang gestartet werden. Die Gießgeschwindigkeit kann durch Regeln des Innendruckes im Ofen 2 und somit durch Einstellen der zugeführten Luftmenge geregelt werden.

[0061] Während dem Erstarren des Gusswerkstückes im Formhohlraum 10, kann der Innendruck im Ofen 2 konstant gehalten werden, wobei die Leckage an Druckluft aus dem Ofen 2 durch die nachgeführte Druckluft ausgeglichen wird. Zusätzlich kann dadurch das Schwinden der Schmelze 4 im Formhohlraum 10 während dem Abkühl- und Erstarrungsvorgang ausgeglichen werden.

[0062] Anschließend kann der Druck im Ofen 2 abgesenkt werden und die Gussform 7 zur Entnahme des Gusswerkstückes geöffnet werden. Der Innendruck im Ofen 2 kann hierbei auf einem derartigen Niveau erhalten werden, dass die Schmelze 4 während dem Herausnehmen des Gusswerkstückes im Steigrohr 11 verbleibt. An-

schließend kann die Gussform 7 geschlossen werden und ein weiterer Gussprozess gestartet werden. Durch Berechnung des Materialabganges an Schmelze 4 in das Gusswerkstück, kann die Menge der im Behälter 5 befindlichen Schmelze 4 zu jedem Zeitpunkt bestimmt werden.

[0063] Um den zeitlichen Verlauf der Druckluftzufuhr in den Ofen 2 exakt steuern zu können, werden die Einzelventile 18 des Ventilblockes 17 entsprechend in zeitlicher Abfolge geöffnet bzw. geschlossen.

[0064] Weiters kann vorgesehen sein, dass eine Induktionsvorrichtung 25 ausgebildet ist, welche um das Steigrohr herum angeordnet ist.

[0065] Mittels der Induktionsvorrichtung 25 kann auf die im Steigrohr 11 befindliche Schmelze 4 eine Kraft in Flussrichtung oder entgegen der Flussrichtung der Schmelze 4 ausgeübt werden. Somit kann die Beförderung der Schmelze 4 vom Aufnahmeraum 3 in den Formhohlraum 10 mittels der Induktionsvorrichtung 25 unterstützt oder dieser entgegengewirkt werden. Beispielsweise ist es dadurch möglich beim Wechseln der Gussform 7 eine Kraft auf die Schmelze entgegen der Flussrichtung aufzubringen, wodurch erreicht werden kann, dass trotz Druckaufbringung auf den Aufnahmeraum 3 die Schmelze nicht aus dem Steigrohr 11 austritt.

[0066] In einer weiteren Ausführungsvariante kann vorgesehen sein, dass mittels der Induktionsvorrichtung 25 die Position der Schmelze erfasst wird, indem der Spannungsabfall an der Induktionsvorrichtung 25 gemessen wird.

[0067] Die Induktionsvorrichtung 25 ist vorzugsweise in Form einer Spule ausgebildet, die das Steigrohr 11 schraubenlinienförmig umgibt.

[0068] Die Ausführungsbeispiele zeigen mögliche Ausführungsvarianten, wobei an dieser Stelle bemerkt sei, dass die Erfindung nicht auf die speziell dargestellten Ausführungsvarianten derselben eingeschränkt ist, sondern vielmehr auch diverse Kombinationen der einzelnen Ausführungsvarianten untereinander möglich sind und diese Variationsmöglichkeit aufgrund der Lehre zum technischen Handeln durch gegenständliche Erfindung im Können des auf diesem technischen Gebiet tätigen Fachmannes liegt.

[0069] Der Schutzbereich ist durch die Ansprüche bestimmt. Die Beschreibung und die Zeichnungen sind jedoch zur Auslegung der Ansprüche heranzuziehen. Einzelmerkmale oder Merkmalskombinationen aus den gezeigten und beschriebenen unterschiedlichen Ausführungsbeispielen können für sich eigenständige erfinderische Lösungen darstellen. Die den eigenständigen erfinderischen Lösungen zugrundeliegende Aufgabe kann der Beschreibung entnommen werden.

[0070] Sämtliche Angaben zu Wertebereichen in gegenständlicher Beschreibung sind so zu verstehen, dass diese beliebige und alle Teilbereiche daraus mitumfassen, z.B. ist die Angabe 1 bis 10 so zu verstehen, dass sämtliche Teilbereiche, ausgehend von der unteren Grenze 1 und der oberen Grenze 10 mit umfasst sind,

d.h. sämtliche Teilbereiche beginnen mit einer unteren Grenze von 1 oder größer und enden bei einer oberen Grenze von 10 oder weniger, z.B. 1 bis 1,7, oder 3,2 bis 8,1, oder 5,5 bis 10.

[0071] Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus Elemente teilweise unmaßstäblich und/oder vergrößert und/oder verkleinert dargestellt wurden.

Bezugszeichenaufstellung

[0072]

1	Gießvorrichtung	
2	Ofen	
3	Aufnahmeraum	15
4	Schmelze	
5	Behälter	
6	Zwischenplatte	
7	Gussform	20
8	unterer Gussformteil	
9	oberer Gussformteil	
10	Formhohlraum	
11	Steigrohr	
12	Schmelzeinlauf	25
13	Tragkonstruktion	
14	Druckluftzufuhröffnung	
15	Druckluftzufuhrleitung	
16	Ablassventil	
17	Ventilblock	30
18	Einzelventil	
19	elektronischer Digitalrechner	
20	Drucksensor	
21	weiterer Drucksensor	
22	weiterer Drucksensor	35
23	Temperatursensor	
24	weiterer Temperatursensor	
25	Induktionsvorrichtung	
26	Gewichtssensor	40

Patentansprüche

- Verfahren zum Betreiben einer Gießvorrichtung (1) zum Gießen unter Druck, insbesondere Gegen-druck- Kokillengießvorrichtung oder Niederdruck-Kokillengießvorrichtung, umfassend:
 - einen Ofen (2) in dem ein Aufnahmeraum (3) zur Aufnahme von Schmelze (4) ausgebildet ist, wobei der Aufnahmeraum (3) mit Druckluft beaufschlagbar ist;
 - ein Ventilblock (17) zum geregelten Einlassen von Druckluft in den Aufnahmeraum (3) des Ofens (2);
 - ein Drucksensor (20), der zum Erfassen des im Aufnahmeraum (3) des Ofens (2) anliegenden Druckes ausgebildet ist;

- eine Gussform (7), die einen Formhohlraum (10) bildet;
- eine Zwischenplatte (6), die zwischen dem Ofen (2) und der Gussform (7) angeordnet ist, wobei die Gussform (7) an der Zwischenplatte (6) befestigt ist;
- zumindest ein Steigrohr (11), mittels welchem der Aufnahmeraum (3) des Ofens (2) mit der Gussform (7) strömungsverbunden ist;

wobei der Ventilblock (17) zumindest vier Einzelventile (18) umfasst, welche dazu geeignet sind, parallel zueinander Druckluft in den Aufnahmeraum (3) des Ofens (2) einströmen zu lassen, wobei zumindest zwei der Einzelventile (18) zueinander unterschiedliche Kenndaten aufweisen, wobei die Einzelventile (18) mit einem elektronischen Digitalrechner (19) gekoppelt sind, von welchem sie angesteuert werden, wobei der elektronische Digitalrechner (19) mit dem Drucksensor (20) gekoppelt ist, wobei die Einzelventile (18) unabhängig voneinander einzeln oder auch gleichzeitig geöffnet werden können, sodass verschiedene Durchflussmengen einstellbar sind, wobei das Verfahren die folgenden Verfahrensschritte umfasst:

- Erfassen des Druckes im Aufnahmeraum (3) des Ofens (2);
- Regelung der zumindest vier Einzelventile (18) des Ventilblockes (17) mittels dem elektronischen Digitalrechner (19), wobei die Regelung der Einzelventile (18) auf Basis des vom Drucksensor (20) erfassten Druckes im Aufnahmeraum (3) des Ofens (2) und auf Basis eines mathematischen Modells der Gießvorrichtung (1) erfolgt, wobei im mathematischen Modell der Gießvorrichtung (1) die Kenndaten aller Einzelventile (18) des Ventilblockes (17) hinterlegt sind und wobei die Einzelventile (18) parallel zueinander Druckluft in den Aufnahmeraum (3) des Ofens (2) einströmen lassen,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Einzelventile (18) des Ventilblockes (17) derart angesteuert werden, dass eines der Einzelventile (18) geöffnet wird, während ein anderes der Einzelventile (18) geschlossen wird und somit das zeitliche Verhalten der Luftdurchflussmengen in den Einzelventilen (18) während dem Öffenvorgang und während dem Schließvorgang genutzt wird, um eine bestimmte Gesamtdurchflussmenge des Ventilblockes (17) zu erreichen.

- Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** im mathematischen Modell der Gießvorrichtung (1) die Druckluftleckage aus dem Aufnahmeraum (3) des Ofens (2) berücksichtigt ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Druckluftleckage dadurch ermittelt wird, dass der Aufnahmeraum (3) des Ofens (2) mit Luftdruck beaufschlagt wird und dass anschließend die Einzelventile (18) des Ventilblockes (17) geschlossen werden und der Druckabfall über die Zeit beobachtet wird. 5
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** im mathematischen Modell der Gießvorrichtung (1) die geometrischen Abmessungen des Aufnahmeraumes (3) des Ofens (2) hinterlegt sind. 10
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** im mathematischen Modell der Gießvorrichtung (1) das Strömverhalten der Einzelventile (18) in Abhängigkeit vom Druck im Aufnahmeraum (3) des Ofens (2) und vom Druck an der Druckluftversorgungsseite des Ventilblockes (17) hinterlegt ist. 15 20
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** im mathematischen Modell der Gießvorrichtung (1) die Wärmedehnung der Luft im Aufnahmeraum (3) des Ofens (2) berücksichtigt wird, wobei diese auf Basis des thermischen Ausdehnungskoeffizienten der zugeführten Luft, der geometrischen Abmessungen des Aufnahmeraumes (3) des Ofens (2), der Füllmenge von Schmelze (4) im Aufnahmeraum (3) des Ofens (2), der Temperatur der zugeführten Luft und der Temperatur im Aufnahmeraum (3) des Ofens (2) berechnet wird. 25 30
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** im mathematischen Modell der Gießvorrichtung (1) der Füllzustand der Schmelze (4) im Aufnahmeraum (3) berücksichtigt wird. 35 40
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Füllzustand der Schmelze (4) im Aufnahmeraum (3) nach einem neuen Befüllvorgang des Aufnahmeraumes (3) dadurch berechnet wird, dass der Aufnahmeraum (3) druckfrei gemacht wird, anschließend mittels den Einzelventilen (18) des Ventilblockes (17) ein bestimmter Volumenstrom an Luft in den Aufnahmeraum (3) des Ofens (2) eingelassen wird und dabei über den zeitlichen Verlauf des Druckanstieges im Aufnahmeraum (3) des Ofens (2) das freie Volumen und davon abgeleitet das mit Schmelze (4) befüllte Volumen im Aufnahmeraum (3) des Ofens (2) berechnet wird. 45 50
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einzelventile (18) des Ventilblockes (17) zum Regeln der Durchflussmenge der Luft nur in den Offenzustand oder in den

Geschlossenzustand gebracht werden, und daher ausschließlich binärzustände einnehmen.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einzelventile (18) beim Öffenvorgang mit einer erhöhten Überspannung beaufschlagt werden, um die Schaltzeit zu verkürzen und anschließend unter Beaufschlagung mit einer niedrigeren Schaltspannung im Offenzustand gehalten werden.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** beim Entfernen des fertig gegossenen Werkstückes aus der Gießvorrichtung (1) die Einzelventile (18) des Ventilblockes (17) derart angesteuert werden, dass die Leckage der Druckluft aus dem Ofen (2) ausgeglichen wird und somit der Druck im Aufnahmeraum (3) des Ofens (2) gleichbleibend groß ist und die Schmelze (4) im Steigrohr (11) nicht absinkt.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf die Schmelze (4) im Steigrohr (11) mittels einer Induktionsvorrichtung (25) eine Kraft in Flussrichtung oder entgegen der Flussrichtung ausgeübt wird.

Claims

1. A method for operating a casting device (1) for casting under pressure, in particular a counter-pressure ingot casting device or a low-pressure ingot casting device, comprising:
 - a furnace (2), in which a receiving space (3) for receiving melt (4) is formed, wherein the receiving space (3) can be acted upon by compressed air;
 - a valve block (17) for admitting compressed air into the receiving space (3) of the furnace (2) in a controlled manner;
 - a pressure sensor (20), which is configured for detecting the pressure in the receiving space (3) of the furnace (2);
 - a mold (7) forming a mold cavity (10);
 - an intermediate plate (6), which is arranged between the furnace (2) and the mold (7), wherein the mold (7) is fastened to the intermediate plate (6);
 - at least one riser tube (11), by means of which the receiving space (3) of the furnace (2) is fluidically connected to the mold (7);

wherein the valve block (17) comprises at least four individual valves (18), which are suitable for admitting, in parallel to each other, compressed air into the receiving space (3) of the furnace (2), wherein

at least two of the four individual valves (18) have different specifications, wherein the individual valves (18) are coupled with an electronic digital computer (19), from which they are controlled, wherein the electronic digital computer (19) is coupled with the pressure sensor (20), wherein the individual valves (18) can be opened independently of each other, individually or simultaneously, so that different flow rates can be adjusted, wherein the method comprises the following method steps:

- detecting the pressure in the receiving space (3) of the furnace (2);
- controlling the at least four individual valves (18) of the valve block (17) by means of the electronic digital computer (19), wherein the control of the individual valves (18) takes place on the basis of the pressure in the receiving space (3) of the furnace (2) detected by the pressure sensor (20) and on the basis of a mathematical model of the casting device (1), wherein the specifications of all of the individual valves (18) of the valve block (17) are stored in the mathematical model of the casting device (1), and wherein the individual valves (18) let compressed air flow into the receiving space (3) of the furnace (2) in a parallel manner,

characterized in that

the individual valves (18) of the valve block (17) are controlled such that one of the individual valves (18) is opened while another one of the individual valves (18) is closed, and thereby the temporal behavior of the air flow rates in the individual valves (18) during the opening operation and during the closing operation is utilized to achieve a certain total flow rate of the valve block (17).

2. The method according to claim 1, **characterized in that** the compressed air leakage out of the receiving space (3) of the furnace (2) is taken into account in the mathematical model of the casting device (1).
3. The method according to claim 2, **characterized in that** the compressed air leakage is determined in that the receiving space (3) of the furnace (2) is acted upon by air pressure, and that subsequently, the individual valves (18) of the valve block (17) are closed and the pressure drop over time is monitored.
4. The method according to one of claims 1 to 3, **characterized in that** the geometric dimensions of the receiving space (3) of the furnace (2) are stored in the mathematical model of the casting device (1).
5. The method according to one of claims 1 to 4, **characterized in that** the flow behavior of the individual valves (18) dependent on the pressure in the receiv-

ing space (3) of the furnace (2) and on the pressure at the compressed air supply side of the valve block (17) is stored in the mathematical model of the casting device (1).

6. The method according to one of claims 1 to 5, **characterized in that** the thermal expansion of the air in the receiving space (3) of the furnace (2) is taken into account in the mathematical model of the casting device (1), wherein said thermal expansion is calculated on the basis of the thermal expansion coefficient of the supplied air, the geometric dimensions of the receiving space (3) of the furnace (2), the filling quantity of melt (4) in the receiving space (3) of the furnace (2), the temperature of the supplied air and the temperature in the receiving space (3) of the furnace (2).
7. The method according to one of claims 1 to 6, **characterized in that** the fill level of the melt (4) in the receiving space (3) are stored in the mathematical model of the casting device (1).
8. The method according to claim 7, **characterized in that** the fill level of the melt (4) in the receiving space (3) is calculated after a new filling operation of the receiving space (3) by the receiving space (3) being made pressure-free, a certain volume flow of air being subsequently admitted into the receiving space (3) of the furnace (2) by means of the individual valves (18) of the valve block (17), and in the course of this, the free volume and, derived therefrom, the volume filled with melt (4) in the receiving space (3) of the furnace (2) being calculated over the temporal progression of the pressure increase in the receiving space (3) of the furnace (2).
9. The method according to one of claims 1 to 8, **characterized in that** the individual valves (18) of the valve block (17) are brought only into the open state or in the closed state for controlling the flow rate of the air, and thus only assume binary states.
10. The method according to one of claims 1 to 9, **characterized in that** the individual valves (18), during the opening operation, are acted upon by an increased overvoltage to shorten the switching time and subsequently, being acted upon by a lower switching voltage, are maintained in the open state.
11. The method according to one of claims 1 to 10, **characterized in that** when removing the finished cast workpiece out of the casting device (1), the individual valves (18) of the valve block (17) are controlled such that the leakage of the compressed air out of the furnace (2) is compensated and thus, the pressure in the receiving space (3) of the furnace (2) has a consistent level, and the melt (4) in the riser tube

(11) does not descend.

12. The method according to one of claims 1 to 11, **characterized in that** a force is exerted, in the flow direction or against the flow direction, on the melt (4) in the riser tube (11) by means of an induction device (25).

Revendications

1. Procédé de fonctionnement d'un dispositif de coulée (1) pour une coulée sous pression, plu particulièrement un dispositif de coulée à lingotière à contre-pression ou un dispositif de coulée à lingotière à basse pression, comprenant :

- un four (2), dans lequel un espace de logement (3) est réalisé pour le logement d'une fonte (4), dans lequel l'espace de logement (3) peut être alimenté en air comprimé ;
- un bloc de soupapes (17) pour l'admission régulée d'air comprimé dans l'espace de logement (3) du four (2) ;
- un capteur de pression (20), qui est conçu pour la mesure de la pression régnant dans l'espace de logement (3) du four (2) ;
- un moule de coulée (7), qui forme une cavité de moule (10) ;
- une plaque intermédiaire (6), qui est disposée entre le four (2) et le moule de coulée (7), dans lequel le moule de coulée (7) est fixé à la plaque intermédiaire (6) ;
- au moins un tube ascendant (11) au moyen duquel l'espace de logement (3) du four (2) est relié en écoulement avec le moule de coulée (7) ;

dans lequel le bloc de soupapes (17) comprend au moins quatre soupapes individuelles (18) qui sont conçus pour laisser entrer, parallèlement entre elles, de l'air comprimé dans l'espace de logement (3) du four (2), dans lequel au moins deux des soupapes individuelles (18) présentent des données caractéristiques différentes entre elles, dans lequel les soupapes individuelles (18) sont couplées avec un calculateur numérique électronique (19), par lequel elles sont contrôlées, dans lequel le calculateur numérique électronique (19) est couplé avec le capteur de pression (20), dans lequel les soupapes individuelles (18) peuvent être ouvertes indépendamment entre elles ou simultanément, de façon à ce que différents débits puissent être réglés, dans lequel le procédé comprend les étapes suivantes :

- mesure de la pression dans l'espace de logement (3) du four (2) ;
- régulation des au moins quatre soupapes in-

dividuelles (18) du bloc de soupapes (17) au moyen du calculateur numérique électronique (19), dans lequel la régulation des soupapes individuelles (18) a lieu sur la base de la pression dans l'espace de logement (3) du four (2), mesurée par le capteur de pression (20), et sur la base d'un modèle mathématique du dispositif de coulée (1), dans lequel, dans le modèle mathématique du dispositif de coulée (1), les données caractéristiques de toutes les soupapes individuelles (18) du bloc de soupapes (17) sont enregistrées et dans lequel les soupapes individuelles (18) laisser entrer, parallèlement entre elles, de l'air comprimé dans l'espace de logement (3) du four (2),

caractérisé en ce que

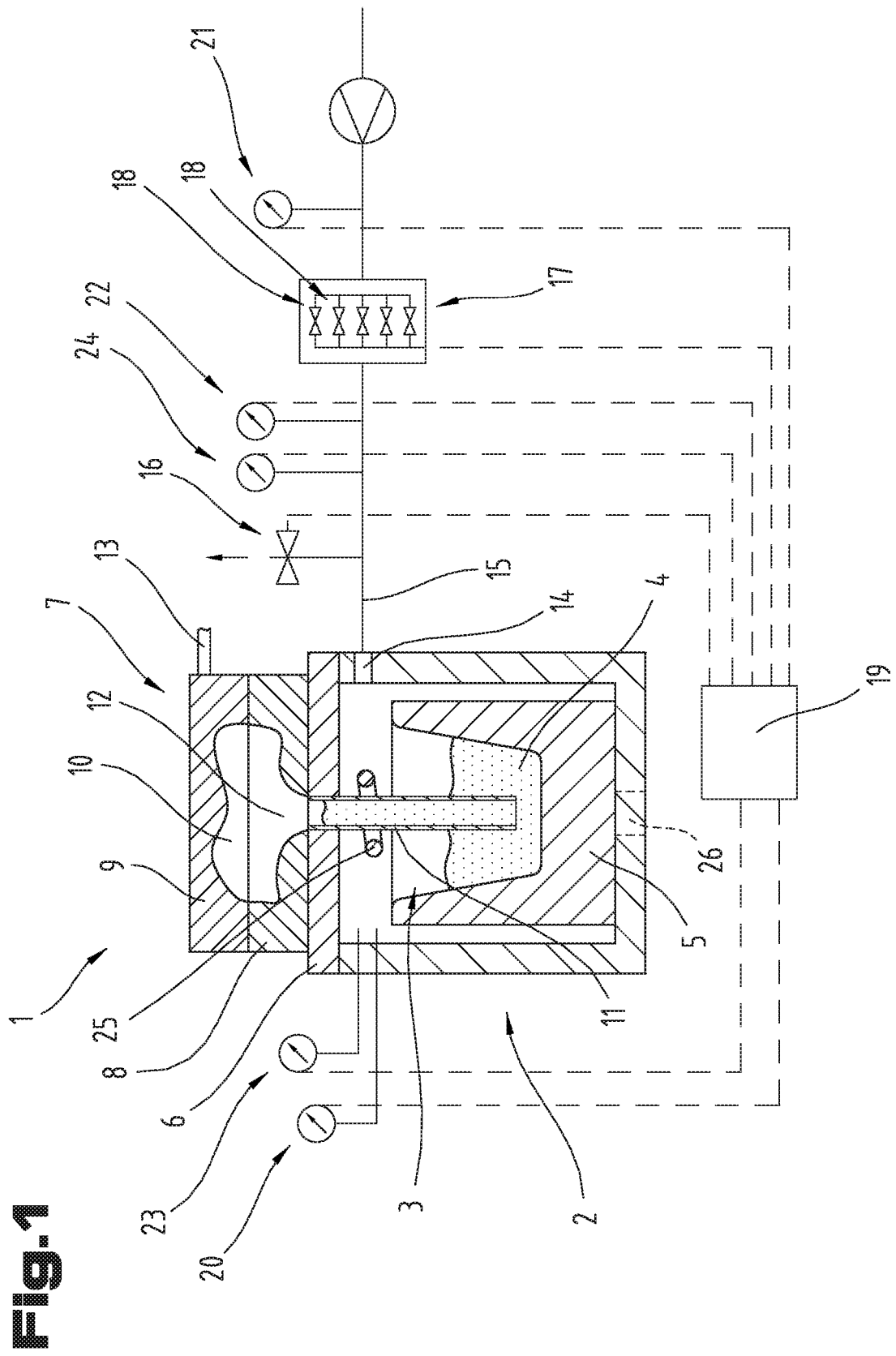
les soupapes individuelles (18) du bloc de soupapes (17) sont contrôlées de façon à ce qu'une des soupapes individuelles (18) soit ouverte tandis qu'une autre des soupapes individuelles (18) est fermée et donc le comportement en fonction du temps des débits d'air dans les soupapes individuelles (18) pendant le processus d'ouverture et pendant le processus de fermeture est utilisé afin d'obtenir un débit total déterminé du bloc de soupapes (17).

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, dans le modèle mathématique du dispositif de coulée (1), les fuites d'air comprimé hors de l'espace de logement (3) du four (2) sont prises en compte.
3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** les fuites d'air comprimé sont déterminées en alimentant l'espace de logement (3) du four (2) en air comprimé puis en fermant les soupapes individuelles (18) du bloc de soupapes (17) et en observant la chute de pression dans le temps.
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que**, dans le modèle mathématique du dispositif de coulée (1), sont enregistrées les dimensions géométriques de l'espace de logement (3) du four (2).
5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que**, dans le modèle mathématique du dispositif de coulée (1), est enregistré le comportement d'écoulement des soupapes individuelles (18) en fonction de la pression dans l'espace de logement (3) du four (2) et de la pression du côté d'alimentation en air comprimé du bloc de soupapes (17).
6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que**, dans le modèle mathématique du dispositif de coulée (1), la dilatation thermique de l'air dans l'espace de logement (3) du four (2) est

prise en compte, dans lequel celle-ci est calculée sur la base du coefficient de dilatation thermique de l'air introduit, des dimensions géométriques de l'espace de logement (3) du four (2), de la quantité de remplissage de la fonte (4) dans l'espace de logement (3) du four (2), de la température de l'air introduit et de la température dans l'espace de logement (3) du four (2).

dispositif d'induction (25).

7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que**, dans le modèle mathématique du dispositif de coulée (1), l'état de remplissage de la fonte (4) dans l'espace de logement (3) est pris en compte. 5
8. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** l'état de remplissage de la fonte (4) dans l'espace de logement (3) est calculé, après un nouveau processus de remplissage de l'espace de logement (3), en dépressurant l'espace de logement (3) puis en admettant, au moyen des soupapes individuelles (18) du bloc de soupapes (17), un débit volumique déterminé d'air dans l'espace de logement (3) du four (2) et, par l'intermédiaire de l'évolution en fonction du temps de l'augmentation de pression dans l'espace de logement (3) du four (2), le volume libre et, à partir de celui-ci, le volume rempli de fonte (4) dans l'espace de logement (3) du four (2) est calculé. 10 15 20 25
9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** les soupapes individuelles (18) du bloc de soupapes (17) sont amenées uniquement dans l'état ouvert ou dans l'état fermé pour la régulation du débit d'air et adoptent donc des états binaires. 30 35
10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** les soupapes individuelles (18) sont sollicitées, lors du processus d'ouverture, avec une surtension augmentée, afin de raccourcir le temps de commutation puis sont maintenues dans l'état ouvert par une sollicitation avec une tension de commutation plus basse. 40
11. Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que**, lors de l'éjection de la pièce coulée finie hors du dispositif de coulée (1), les soupapes individuelles (18) du bloc de soupapes (17) sont contrôlées de façon à ce que les fuites d'air comprimé hors du four (2) sont compensées et donc la pression dans l'espace de logement (3) du four (2) reste constante et la fonte (4) ne descend pas dans le tube ascendant (11). 45 50
12. Procédé selon l'une des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que**, sur la fonte (4), dans le tube ascendant (11), une force exercée dans le sens du flux ou dans le sens opposé au flux au moyen d'un 55



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

- WO 2011003396 A1 [0003]
- GB 1471882 A [0004]
- DE 1178979 A [0005]
- EP 0221196 B1 [0006]
- EP 0564774 B1 [0006]
- DE 3422121 A1 [0006]
- US 4741381 A [0007]
- JP 58020368 A [0007]
- US 4047558 A [0007]
- JP 2014036964 A [0007]
- CN 102632218 B [0007]
- JP 5912547 B [0007]
- US 2014294664 A1 [0008]