

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 560 024 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
03.04.1996 Patentblatt 1996/14

(51) Int. Cl.⁶: **B22D 11/07**

(21) Anmeldenummer: **93100834.6**

(22) Anmeldetag: **21.01.1993**

(54) Verfahren zum Strangiessen von Metallen

Method for continuous casting of metals

Procédé de coulée continue de métal

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE DK ES FR GB GR IT LI LU NL SE

- **Lindlar, Horst-Dieter**
W-5202 Hennef 1 (DE)
- **Schmoll, Roland**
W-5300 Bonn 3 (DE)

(30) Priorität: **06.02.1992 DE 4203337**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
15.09.1993 Patentblatt 1993/37

(74) Vertreter: **Müller-Wolff, Thomas et al**
HARWARDT NEUMANN,
Patent- und Rechtsanwälte,
Postfach 14 55
D-53704 Siegburg (DE)

(73) Patentinhaber: **VAW Aluminium AG**
D-53117 Bonn (DE)

(72) Erfinder:
• **Schneider, Wolfgang, Dr.**
W-5205 St. Augustin 1 (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 372 946 **EP-A- 0 449 771**
FR-A- 2 359 662

EP 0 560 024 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Stranggießen von Metallen, insbesondere von Aluminium oder Aluminiumlegierungen, in einer Mehrfachkokillengießanlage, wobei jede Kokille mit einem Heißkopfaufsatz versehen ist, und in den Kokillenformhohlraum unterhalb des Heißkopfaufsatzes ein unter Druck stehendes Gas und ein Schmiermittel eingeleitet wird.

Ein Verfahren dieser Art ist z.B. bekannt nach EP 0 218 855. Die Stranggießkokille ist in diesem Fall mit einem Heißkopfaufsatz versehen, dessen Innenwandung unter Bildung eines Überhangs über die Innenwandung der Stranggießkokille vorsteht. An diesem Überhang wird das unter Druck stehende Gas zusammen mit dem Schmiermittel in den Formhohlraum der Stranggießkokille eingeleitet. Das Gas wird dabei über die gesamte Gießphase mit einer konstanten Strömungsmenge zugeführt. Bei Mehrfachkokillengießanlagen ist das Gaszuführungssystem üblicherweise so ausgelegt, daß alle Kokillen mit der gleichen konstanten Gasmenge versorgt werden.

Es hat sich jedoch herausgestellt, daß sich bei dieser Arbeitsweise nur unter absolut störungsfreien Gießbedingungen gute Ergebnisse hinsichtlich Oberflächengüte und Randgefügequalität aller stranggegossenen Barren erzielen lassen. Solche Bedingungen sind allerdings in der Praxis kaum gegeben. Insbesondere in den erwähnten Mehrfachkokillengießanlagen sind immer wieder Kokillen zu beobachten, die abweichende Gasmengen benötigen. Zudem kann sich der Gasbedarf einzelner Kokillen auch während des Gießvorganges ändern. Dies gilt insbesondere für Kokillen mit einem Durchmesser oberhalb von 25 cm. Weiterhin hat sich gezeigt, daß eine regelmäßige Überprüfung der Gasmengeneinstellung erfolgen muß.

Auch unter normalen Gießbedingungen ist nicht auszuschließen, daß sich die von einer einzelnen Kokille benötigte Gasmenge ändert. Dementsprechend gelingt es bei dieser Verfahrensweise nicht, gleichmäßig gute Barrenqualitäten zu erreichen, da innerhalb einer Kokillenanlage immer wieder Barren zu beobachten sind, die insgesamt eine verminderte Qualität und/oder eine über der Gießlänge stark wechselnde Qualität aufweisen.

Ein weiteres Verfahren der eingangs genannten Art ist bekannt nach EP 0 449 771. Hierbei wird zu Beginn des Füllens der Kokille eine höhere Gasmenge eingestellt, die mit steigendem Metallspiegel in der Kokille stark abnimmt. Beim anschließenden Eintreten des Barrens in die wassergekühlte Zone tritt ein Kaltlauf durch verstärkte Schrumpfung des Barrens auf. Der Spalt zwischen Metall und Kokillenwand vergrößert sich dabei, so daß zur Aufrechterhaltung des Druckpolsters im Formhohlraum eine sehr hohe Gasmenge erforderlich wird. Dieser Vorgang tritt üblicherweise nicht genau gleichzeitig und auch nicht in gleichem Maße für die einzelnen Kokillen einer Mehrfachgießanlage ein, so daß die Kokillen zur Aufrechterhaltung des Gaspolsters unterschied-

liche Gasmengen benötigen. Dies gilt ebenfalls für andere Störungen, die während des Gießverlaufs in einzelnen Kokillen auftreten können, wie z.B. das Auftreten eines Risses im Heißkopf oder eine unzureichende Schmierung der Kokillinnenwand aufgrund von Störungen in der Trennmittelversorgung. Nach dem beschriebenen Verfahren ist die Regelung der Gaszufuhr nur gleichzeitig (in gleichem Maße) für alle Kokillen innerhalb der Hauptgasleitung möglich. Auf diese Weise kann nicht gewährleistet werden, daß in jeder einzelnen Kokille das erforderliche Gaspolster aufrechterhalten bleibt. Dies führt zwangsläufig zu verminderter Qualität zumindest bei einzelnen Barren aus einem Gießvorgang.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren zu entwickeln, bei dem auftretende Störungen im Gießverlauf unmittelbar ausgeglichen werden, so daß optimale Barrenqualitäten erzielt werden. Insbesondere in Mehrfachkokillengießanlagen sollen Barren mit gleichmäßig hoher Oberflächengüte und Randgefügequalität hergestellt werden können.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch ein Verfahren mit den im Anspruch 1 angegebenen Merkmalen. Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren wird das Gas jeder Kokille einer Mehrfachstranggießanlage über mindestens eine Gasleitung zugeführt. In jeder Gasleitung ist dabei ein Regelventil zur Einstellung des Gasvolumenstromes, ein nachgeschalteter Drucksensor sowie eine Vorrichtung zur Erfassung des Gasvolumenstromes angeordnet. In einer ersten Gießphase, die sich vom Beginn des Füllens der Kokille mit flüssigem Metall bis zu einem Zeitpunkt nach dem Eintreten des Metallstranges in den wassergekühlten Bereich erstreckt, wird der Gasvolumenstrom unabhängig vom jeweiligen Füllstand der Kokille automatisch auf einem konstant hohen vorgegebenen Wert gehalten. In der sich anschließenden zweiten Gießphase wird der Gasvolumenstrom in jeder Gasleitung automatisch so geregelt, daß der Gasdruck in der Leitung auf einem vorgegebenen Wert konstant gehalten wird.

Auf diese Weise gelingt es Kaltlaufprobleme in der Angießphase und Störungen des Gießverlaufs in der stationären Gießphase zu vermeiden bzw. rasch zu unterbinden.

Das grundsätzliche Gasversorgungssystem für das erfindungsgemäße Verfahren ist in Fig. 1 schematisch dargestellt. Von der Hauptgasleitung 1 zweigen die Gasleitungen 2 zu den einzelnen Kokillen der Mehrfachgießanlage ab. Dabei führt zu jeder Kokille mindestens eine Gasleitung 2. In jeder Gasleitung 2 ist eine Meß- und Regeleinheit 3 zur Messung und Regelung des Gasvolumenstromes und des Gasdruckes angeordnet.

Fig. 2 zeigt das prinzipielle Ablaufschema für diese Meß- und Regeleinheiten. In der Gasleitung 2 ist eine Vorrichtung 4 angeordnet, die ein Meßgerät zur Erfassung des Gasvolumenstromes, sowie ein elektronisch

steuerbares Regelventil zur Einstellung des Gasvolumenstromes umfaßt. Mittels eines Drucksensors 5 wird der Istwert des Gasdruckes in der Gasleitung 2 gemessen. In einer elektronischen Steuereinheit 6 können ein Drucksollwert, ggf. gleichzeitig mit einem oberen und/oder einem unteren Grenzwert für den Gasvolumenstrom, oder alternativ ein Sollwert für den Gasvolumenstrom vorgegeben werden. Die Ansteuerung des Regelventils erfolgt entsprechend den vorgegebenen Werten mittels der Steuereinheit 6. Optional können die einzustellenden Werte durch einen Prozeßrechner 7 eingegeben werden, z.B. nach vorwählbaren Gießprogrammen für verschiedene Kokillentypen und/oder unterschiedliche Legierungen.

In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein Drucksollwert für die einzelnen Gasleitungen zu den Kokillen vorgegeben. Die Regelung des Gasvolumenstrom in jeder Gasleitung erfolgt dabei vom Gießbeginn an (leere Kokillen) so, daß der Gasvolumenstrom erhöht wird, wenn der gemessene Druck in der Gasleitung unterhalb des Drucksollwertes liegt, bzw. gesenkt wird, wenn der gemessene Druck oberhalb des Drucksollwertes liegt. Der Gasvolumenstrom wird dabei auf einen vorgegebenen Maximalwert begrenzt, da sich anderenfalls bei fehlendem Gegendruck unbegrenzt hohe Luftmengen einstellen würden. Durch diese Verfahrensweise wird gleichzeitig erreicht, daß der Gasvolumenstrom in der Angießphase solange konstant auf dem vorgegebenen Maximalwert bleibt, bis die Kokille so weit gefüllt ist, daß der metallostatische Druck in der Kokille dem vorgegebenen Drucksollwert entspricht. Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren wird die Befüllung der Kokillen so gesteuert, daß dieser Punkt erst nach dem Eintreten der Gußbarren in den wassergekühlten Bereich erreicht wird.

Fig. 3 verdeutlicht den Gießverlauf bei einer derartigen Verfahrensweise anhand der zeitabhängigen Werte für den Metallstand in der Kokille sowie für den Gasvolumenstrom und den Gasdruck in der Gasleitung zu einer Kokille. Zum Zeitpunkt t_{A0} beginnt der Füllvorgang der Kokille. Der Gasvolumenstrom liegt dabei vom Beginn des Füllens auf dem vorgegebenen Maximalwert. Der in der Gasleitung gemessene Druck steigt dabei mit zunehmendem Metallstand an. Wenn der Metallstand eine Höhe erreicht hat, die vorzugsweise 50 bis 85 % unterhalb des maximalen Füllstandes im Heißkopf liegt, wird der Metallstand in der Kokille zunächst auf diesem Wert konstant gehalten (Zeitpunkt t_{A1}). Der Gasdruck bleibt dementsprechend konstant. Etwa zu diesem Zeitpunkt erfolgt das Absenken des Gießtisches. Der untere Teil des Gußbarrens tritt zur Zeit t_{A2} in den wassergekühlten Bereich (Direktkühlung) ein. Der Metallstand in der Kokille wird noch bis zum Erreichen (t_{A3}) einer Gießlänge, die etwa dem halben Barrendurchmesser bzw. der halben Barrendicke konstant gehalten, bei gleichbleibendem maximalen Volumenstrom. Dadurch ist sichergestellt, daß in diesem kritischen Bereich, trotz Vergrößerung des Spaltes zwischen

Metall und Kokillenwand aufgrund stärkerer Schrumpfung des Barrens, ein ausreichendes Gaspolster aufrecht erhalten wird.

Anschließend wird der Metallstand weiter erhöht. Der Gasdruck steigt dementsprechend an. Dabei bleibt der Gasvolumenstrom solange konstant, bis der gemessene Gasdruck den vorgegebenen Drucksollwert erreicht. Dies ist im Beispiel der Fall zum Zeitpunkt t_{A4} . Entsprechend dem bei maximalem Gasvolumenstrom ggf. auftretenden Druckverlust in der Gasleitung (abhängig vom Querschnitt und der Länge der einzelnen Gasleitungen) wird dieser Punkt erreicht, kurz bevor die Kokille vollständig gefüllt ist. Der Gasdruck wird ab diesem Zeitpunkt automatisch auf dem vorgegebenen Drucksollwert konstant gehalten. Der zur Aufrechterhaltung dieses Druckes notwendige Gasvolumenstrom fällt bis zum vollständigen Füllen der Kokille (t_{A5}) deutlich ab. Im weiteren Gießverlauf sind unter normalen Bedingungen lediglich geringfügige Änderungen im Gasvolumenstrom zur exakten Konstanthaltung des Druckes auf dem vorgegebenen Sollwert notwendig. Zum Zeitpunkt t_{A6} beginnt das Leergießen der Kokille. Entsprechend der Abnahme des Metallstandes steigt der Volumenstrom wieder auf den vorgegebenen Maximalwert an, wenn der Gasdruck weiterhin konstant gehalten wird. Nach dem Zeitpunkt t_{A7} fällt der Gasdruck bis auf Null zurück, bei vollständig geleerter Kokille.

Die oben beschriebene Druckregelung kann auch bei kontinuierlich steigender Füllung der Kokillen angewendet werden. Die Füllgeschwindigkeit wird dann so gesteuert, daß der Metallstand, bei dem der gemessene Druck in der Gasleitung dem vorgegebenen Sollwert entspricht, erst zu einem Zeitpunkt nach dem Eintreten der Gußbarren in die Direktkühlung erreicht wird.

Nach einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens kann auch mit höheren Füllgeschwindigkeiten gearbeitet werden. In diesem Fall wird in der ersten Gießphase ein Sollwert für den Gasvolumenstrom vorgegeben. Der Gasvolumenstrom wird unabhängig vom Gasdruck auf diesem Wert konstant gehalten, bis zu einem Zeitpunkt nach dem Eintritt der Gußbarren in die Direktkühlung. Erst danach erfolgt die Umschaltung auf eine konstante Druckregelung. Ein möglicher Gießverlauf entsprechend dieser Ausführungsform ist in Fig. 4 dargestellt.

Der Füllvorgang der Kokillen beginnt zum Zeitpunkt t_{B0} . Der Gasvolumenstrom wird vom Beginn des Füllens auf dem vorgegebenen Sollwert konstant gehalten. Dieser Sollwert wird vorzugsweise entsprechend dem Maximalwert des Gasvolumenstroms bei konstanter Druckregelung gewählt. Zum Zeitpunkt t_{B1} beginnt das Absenken des Gießtisches. Der in der Gasleitung gemessene Druck steigt mit zunehmendem Metallstand an und erreicht bei t_{B2} einen Maximalwert bei vollständig gefüllter Kokille. Dieser Maximalwert liegt über dem für die zweite Gießphase vorgegebenen Drucksollwert. Dies ist bedingt durch den bei maximalem Gasvolumenstrom ggf. auftretenden Druckverlust in der Gasleitung (abhängig vom Querschnitt und der Länge der einzelnen

Gasleitungen). Zum Zeitpunkt t_{B3} erfolgt der Eintritt der Gußbarren in die Direktkühlung. Der Gasvolumenstrom wird noch bis zum Zeitpunkt t_{B4} konstant auf dem vorgegebenen Sollwert gehalten. Dadurch wird auch in diesem Anwendungsfall im kritischen Bereich des Barreneintritts in die Direktkühlung ein ausreichendes Gaspolster gewährleistet. Erst an diesem Zeitpunkt erfolgt dann die Umschaltung auf konstante Druckregelung entsprechend der Beschreibung zu Fig. 3. Der Gasdruck fällt damit auf den vorgegebenen Drucksollwert ab und wird im weiteren Gießverlauf auf diesem Wert konstant gehalten. Wird für die Phase der konstanten Druckregelung ein Maximalwert für den Gasvolumenstrom vorgegeben, verläuft das Leergießen der Kokillen wie zu Fig. 3 beschrieben.

Der vorzugebende Maximal- bzw. Sollwert für den Gasvolumenstrom nach dem erfindungsgemäßen Verfahren ist unabhängig vom Metallstand in der Kokille. Er wird in Abhängigkeit vom zu gießenden Barrenformat vorgegeben. Beim Stranggießen von Aluminium bzw. dessen Legierungen liegen die anwendbaren Werte zwischen 0,2 und 2,0 NI/h pro mm Umfang des Formhohlraumes der jeweiligen Kokille. Zur Einstellung optimaler Gießbedingungen hat sich ein Wert von etwa 0,32 NI/h pro mm Umfang des Formhohlraumes der eingesetzten Kokille als besonders günstig erwiesen. Durch die Vorgabe eines derartigen Maximalwertes für den Gasvolumenstrom wird neben den bereits erwähnten Vorteilen zudem gewährleistet, daß beim Auftreten von außergewöhnlichen Fehlern, wie z.B. Bildung von Rissen sowie Lecks im Gasversorgungssystem kein unbegrenzt hoher Gasvolumenstrom eingeregelt wird.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Bereich, in dem sich der Gasvolumenstrom bewegen kann, durch einen vorgegebenen Minimalwert nach unten begrenzt. Auf diese Weise wird sichergestellt, daß auch im Falle von Störungen im Gießablauf, die zu einem hohen Gegen- druck führen, der über dem vorgegebenen Drucksollwert bzw. über dem metallostatischen Druck der Schmelze liegt, wie z.B. bei Behinderung des Gasdurchtritts in Gießrichtung, ein Mindestgasvolumenstrom in den Formhohlraum eingeleitet wird, so daß ein Gaspolster zwischen Metall und Kokillenwand aufrecht erhalten werden kann. Für Aluminium bzw. dessen Legierungen haben sich hier vom Umfang des Formhohlraumes unabhängige Werte zwischen 10 und 130 NI/h als günstig erwiesen. Vorzugsweise wird ein Minimalwert von etwa 20 NI/h vorgegeben.

Bei der Arbeitsweise gemäß Fig. 3 und 4 liegt der Gasvolumenstrom zum Ende der Gießphase auf dem eingestellten Maximalwert. Bei abnehmendem Metallstand in der Kokille ist ein Durchblasen des Gases durch die Schmelze unvermeidlich. Dies kann zur Verschlechterung der Barrenqualität im Kopfbereich führen, z.B. durch Oxideinschlüsse und/oder durch unerwünscht hohe Gasgehalte. Der Barrenkopf muß in diesem Fall stärker besägt werden, wodurch erhebliche Metallverluste entstehen. Dies kann beispielsweise vermieden wer-

den, durch stufenweise oder kontinuierliche Reduzierung des vorgegebenen Drucksollwertes nach Erreichen einer bestimmten Gießlänge bzw. Gießzeit, wodurch der Gasvolumenstrom beim Leergießen zwangsläufig gesenkt wird. Eine weitere Möglichkeit ist die Vorgabe eines konstant geringen Gasvolumenstromes in dieser Endphase. Die hier einzustellenden Werte werden bevorzugt im Bereich der bereits genannten Minimalwerte für den Gasvolumenstrom gewählt. Die Vorgabe der verringerten Werte für den Drucksollwert bzw. für den Volumenstrom erfolgt bevorzugt programmgesteuert über den Prozeßrechner 7 (Fig. 2).

Zur Gewährleistung einer einwandfreien Regelung der Gasversorgung wird der Vordruck des Gases in der Hauptgasleitung auf einen Wert von mindestens 2 bar eingestellt. Der Mindestinnendurchmesser der Gasleitungen zu den einzelnen Kokillen wird so gewählt, daß die Druckverluste in den Gasleitungen bei den sich in der zweiten Gießphase (konstante Druckregelung) einstellenden Gasvolumenstromwerten vernachlässigbar klein sind. Unter diesen Bedingungen kann der Drucksollwert so eingestellt werden, daß er nahezu mit dem metallostatischen Druck bei vollständig gefüllter Kokille übereinstimmt, bzw. nur geringfügig über diesem Wert liegt. Diese Bedingungen werden insbesondere dann erreicht, wenn der Innendurchmesser der Gasleitungen mindestens 6 mm beträgt.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist vorteilhaft einsetzbar zum Stranggießen von Aluminium und dessen Legierungen in Rundbarrenkokillen (kreisförmiger Querschnitt), Walzbarrenkokillen (rechteckiger Querschnitt) sowie in Ovalbarrenkokillen mit geraden Seitenwänden und halbkreisförmigen Stirnwänden. Da nach dem erfindungsgemäßen Verfahren die Luftversorgung der einzelnen Kokillen unabhängig voneinander geregelt wird, können insbesondere beim Walzbarrenguß auch Kokillen unterschiedlicher Art und/oder Abmessungen in der gleichen Mehrfachgießanlage eingesetzt werden. Die vorzugebenden Verfahrensparameter werden in diesem Fall an die jeweiligen Kokillenformate angepaßt.

Beim Einsatz großer Kokillenformate, insbesondere bei Walz- oder Ovalbarrenkokillen mit Querschnitten ab etwa 1050 * 300 mm, hat es sich als günstig erwiesen, das Gas den einzelnen Kokillen über mehrere Teil-Gasleitungen zuzuführen. Dabei werden z.B. 1 bis 2 Teil-Gasleitungen zu jeder Kokillen-Längsseite und 1 Teil-Gasleitung zu jeder Kokillenstirnseite geführt. Die Messung und Regelung von Gasvolumenstrom bzw. Druck werden dabei in jeder Teil-Gasleitung separat entsprechend Fig. 2 geregelt. Der Gasvolumenstrom in jeder Teil-Gasleitung wird dabei auf einen Teil des für die jeweilige Kokille insgesamt vorgegebenen Maximalwertes nach oben begrenzt. Der Anteil richtet sich dabei nach dem Abstand zwischen den Teil-Gasleitungen auf dem Umfang des Kokillenformhohlraumes. Der für jede Teil-Gasleitung vorzugebende Drucksollwert bleibt von der Anzahl der Teil-Gasleitungen pro Kokille unbeeinflusst.

Als Gase zur Verwendung in dem erfindungsgemäßen Verfahren eignen sich insbesondere Luft oder auch Stickstoff.

Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist u.a., daß das mit dem Gas zugeführte Schmiermittel mit konstantem Volumenstrom eingeleitet werden kann. Der schmiermittelseitige Regelaufwand ist dementsprechend gering. Zur Einhaltung optimaler Gießbedingungen wird das Schmiermittel mit einem konstanten Volumenstrom im Bereich zwischen 0,1 und 1,0 ml/h pro mm Umfang des Formhohlraums der jeweiligen Kokille eingeleitet. Vorteilhaft einsetzbar sind Schmiermittel, deren Viskosität bei 40 °C im Bereich zwischen 35 und 220 mm²/s liegt. Hierzu zählen insbesondere Rüböl sowie Rhizinusöl.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird eingesetzt für das simultane Stranggießen in Mehrfachkokillengießanlagen bei denen in der stationären Gießphase mit einem konstant hohen Metallstand in den Kokillen gearbeitet wird. Die einzelnen Kokillen werden gleichzeitig gefüllt. Die Gußbarren werden ebenfalls gleichzeitig über einen Gießtisch abgesenkt. Unter den beschriebenen Bedingungen gelingt es, bereits in der Angießphase in jeder Kokille der Anlage ein ausreichendes Gaspolster aufzubauen und dieses über die gesamte Gießphase aufrecht zu erhalten. Da die Regelung der Gaszufuhr separat für jede Kokille erfolgt, erhält jede Kokille genau die Luftmenge, die optimale Arbeitsbedingungen gewährleistet. Auf diese Weise werden in einer solchen Anlage weitestgehend fehlerfreie Barren mit gleichmäßig hoher Oberflächengüte erzielt. Kaltlaufprobleme beim Eintritt der Barren in die Direktkühlung werden vermieden. Störungen, die in der stationären Gießphase auftreten können, werden unmittelbar ausgeglichen oder vollständig vermieden, dadurch daß der Gasdruck exakt konstant gehalten wird durch automatisches Regeln des Gasvolumenstromes selbst bei geringfügigen Abweichungen vom vorgegebenen Sollwert. Weiterhin kann durch entsprechende Vorgabe von Gießprogrammen über einen Prozeßrechner ein nahezu vollautomatisches Gießsystem aufgebaut werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Stranggießen von Metallen, insbesondere von Aluminium oder Aluminiumlegierungen, in einer Mehrfachkokillengießanlage, wobei jede Kokille mit einem Heißkopfaufsatz versehen ist, und in den Kokillenformhohlraum unterhalb des Heißkopfaufsatzes ein unter Druck stehendes Gas und ein Schmiermittel eingeleitet wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Gas jeder Kokille über mindestens eine Gasleitung zugeführt wird, wobei in jeder Gasleitung ein Regelventil zur Einstellung des Gasvolumenstromes und ein nachgeschalteter Drucksensor sowie eine Vorrichtung zur Erfassung des Gasvolumenstroms angeordnet sind, und daß der Gasvolumenstrom in jeder Gasleitung

in einer ersten Gießphase vom Beginn des Füllens der Kokille mit flüssigem Metall bis zu einem Zeitpunkt nach dem Eintreten des Metallstranges in den wassergekühlten Bereich automatisch auf einem vorgegebenen Wert konstant gehalten wird, unabhängig vom jeweiligen Füllstand der Kokille, und daß in einer zweiten Gießphase der Gasvolumenstrom in jeder Gasleitung automatisch so geregelt wird, daß der Gasdruck in jeder Gasleitung auf einem vorgegebenen Wert konstant gehalten wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Einfüllen des flüssigen Metalles in die Kokillen so erfolgt, daß die Kokille vollständig gefüllt ist, bevor der Metallstrang in den wassergekühlten Bereich eintritt, wobei der Gasvolumenstrom in jeder Gasleitung bis zu einem Zeitpunkt nach dem Eintreten des Metallstranges in den wassergekühlten Bereich auf dem vorgegebenen Wert konstant gehalten wird, unabhängig vom Gasdruck in der Gasleitung, und daß nach diesem Zeitpunkt der Gasvolumenstrom in jeder Gasleitung automatisch so geregelt wird, daß der Gasdruck in jeder Gasleitung konstant auf dem vorgegebenen Wert gehalten wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß in der zweiten Gießphase der Istwert des Gasdruckes in jeder Gasleitung gemessen und mit einem vorgegebenen Sollwert verglichen wird, und daß der Gasvolumenstrom erhöht wird, wenn der Istwert des Gasdruckes unterhalb des vorgegebenen Sollwertes liegt, und erniedrigt wird, wenn der Istwert des Gasdruckes oberhalb des vorgegebenen Sollwertes liegt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Einfüllen des flüssigen Metalles in die Kokillen so erfolgt, daß der Metallstrang in den wassergekühlten Bereich eintritt, bevor die Kokille vollständig gefüllt ist, wobei der Gasvolumenstrom in jeder Gasleitung bis zu einem Zeitpunkt, der zwischen dem Eintreten des Metallstranges in den wassergekühlten Bereich und dem vollständigen Füllen der Kokille liegt, und an dem der Gasdruck in der Gasleitung den vorgegebenen Wert erreicht, konstant gehalten wird, und daß nach diesem Zeitpunkt der Gasvolumenstrom in jeder Gasleitung automatisch so geregelt wird, daß der Gasdruck in jeder Gasleitung konstant auf dem vorgegebenen Wert gehalten wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Metallbadspiegel innerhalb der Angießphase bis zu einem Zeitpunkt nach dem Eintreten des Metallstranges in den wassergekühlten Bereich auf einem konstant geringen Wert, der zwischen 50 und 85% unterhalb des maximalen Füllstandes im

Heißkopf liegt, gehalten wird und danach die Kokille vollständig gefüllt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß in der ersten und zweiten Gießphase der Istwert des Gasdruckes in jeder Gasleitung gemessen und mit einem vorgegebenen Sollwert verglichen wird, und daß der Gasvolumenstrom erhöht wird, wenn der Istwert des Gasdruckes unterhalb des vorgegebenen Sollwertes liegt, und erniedrigt wird, wenn der Istwert des Gasdruckes oberhalb des vorgegebenen Sollwertes liegt. 5
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Volumenstrom des Gases durch einen vorgegebenen Maximalwert begrenzt wird. 10
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß als Maximalwert ein Wert zwischen 0,2 und 2,0 NI/h pro mm Umfang des Formhohlraums der Kokille vorgegeben wird. 15
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß als Maximalwert ein Wert von etwa 0,32 NI/h pro mm Umfang des Formhohlraums der Kokille vorgegeben wird. 20
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Volumenstrom des Gases durch einen vorgegebenen Minimalwert begrenzt wird. 25
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß als Minimalwert unabhängig vom Umfang des Formhohlraums der Kokille ein Wert zwischen 10 und 130 NI/h vorgegeben wird. 30
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß als Minimalwert ein Wert von etwa 20 NI/h vorgegeben wird. 35
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der vorgegebene Sollwert für den Gasdruck in jeder Gasleitung mindestens dem metallostatistischen Druck der Schmelze bei vollständig gefüllter Kokille entspricht. 40
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß nach Erreichen einer vorgegebenen Gießlänge oder Gießzeit der vorgegebene Sollwert für den Gasdruck stufenweise oder kontinuierlich abgesenkt wird. 45
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß nach Erreichen einer vorgegebenen Gießlänge oder Gießzeit der Volu-

menstrom des Gases auf einen vorgegebenen konstanten Wert abgesenkt wird.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß nach Erreichen einer vorgegebenen Gießlänge oder Gießzeit der Volumenstrom des Gases auf dem vorgegebenen Minimalwert konstant gehalten wird. 50
17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Vordruck des Gases vor den einzelnen Regelventilen zur Einstellung des Gasvolumenstromes auf einen Wert von mindestens 2 bar eingestellt wird. 55
18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Mindestinnendurchmesser der Gasleitungen so gewählt wird, daß die Druckverluste in den Gasleitungen bei gegebenem Volumenstrom vernachlässigbar gering sind im Vergleich zum vorgegebenen Sollwert für den Gasdruck.
19. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Innendurchmesser der Gasleitungen mindestens 6 mm beträgt.
20. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Kokille das Gas aufgeteilt auf mehrere Teil-Gasleitungen zugeführt wird, wobei die Messung und Regelung von Gasvolumenstrom bzw. Gasdruck für jede Teil-Gasleitung separat durchgeführt wird.
21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß der Gasvolumenstrom für jede Teil-Gasleitung einer Kokille auf einen Teil des für die Kokille vorgegebenen Maximalwertes nach oben begrenzt ist.
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, daß für jede Teil-Gasleitung einer Kokille der gleiche Sollwert für den Gasdruck vorgegeben wird, wobei dieser Sollwert mindestens dem metallostatistischen Druck der Schmelze bei vollständig gefüllter Kokille entspricht.
23. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Gas Luft oder Stickstoff verwendet wird.
24. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Schmiermittel mit konstantem Volumenstrom eingeleitet wird.
25. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Schmiermittel mit einem Volumenstrom im Bereich zwischen

0,1 und 1,0 ml/h pro mm Umfang des Formhohlraumes eingeleitet wird.

26. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die kinematische Viskosität des Schmiermittels bei 40 °C im Bereich zwischen 35 und 220 mm²/s liegt. 5
27. Verfahren nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß als Schmiermittel Rüböl oder Rhizinusöl verwendet wird. 10
28. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Kokillen Rundbarrenkokillen mit kreisförmigem Querschnitt verwendet werden. 15
29. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Kokillen Walzbarrenkokillen mit rechteckigem Querschnitt verwendet werden. 20
30. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Kokillen Ovalbarrenkokillen mit geraden Seitenwänden und halbkreisförmigen Stirnwänden verwendet werden. 25
31. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß für Kokillen mit unterschiedlichen Abmessungen in der gleichen Mehrfachgießanlage unterschiedliche Sollwerte für den Gasdruck vorgegeben werden. 30

Claims

1. A process of continuously casting metals, especially aluminium or aluminium alloys, in a multiple-mould casting plant, with each mould being provided with a hot head attachment and with a pressurised gas and a lubricant being introduced into the mould cavity below the hot head attachment, characterised in that the gas of each mould is supplied through at least one gas line and that in each gas line there are arranged a control valve for setting the gas volume flow and a subsequent pressure sensor as well as a device for recording the gas volume flow; that during a first casting phase from the moment when the mould begins to be filled with liquid metal up to the point in time when the billet enters the water-cooled region, the gas volume flow in each gas line is automatically held constant at a predetermined value, independently of the respective filling level of the mould; and that during a second casting phase, the gas volume flow in each gas line is automatically controlled in such a way that the gas pressure in each gas line is held constant at a predetermined value. 40 45 50 55

2. A process according to claim 1, characterised in that the liquid metal is filled into the mould in such a way that the mould is filled completely before the billet enters the water-cooled region, that up to a point in time after the billet has entered the water-cooled region, the gas volume flow in each gas line is held constant at a predetermined value, independently of the gas pressure in the gas line, and that after said point in time, the gas volume flow in each gas line is automatically controlled in such a way that the gas pressure in each gas line is held constant at a predetermined value.
3. A process according to claim 2, characterised in that during the second casting phase, the actual value of the gas pressure in each gas line is measured and compared with a predetermined nominal value, and that the gas volume flow is increased if the actual value of the gas pressure is below the predetermined nominal value and decreased if the actual value of the gas pressure is higher than the predetermined nominal value.
4. A process according to claim 1, characterised in that the liquid metal is filled into the moulds in such a way that the billet enters the water-cooled region before the mould is filled completely, with the gas volume flow in each gas line, up to a point in time between the moment when the billet enters the water-cooled region and when the mould is filled completely and at which the gas pressure in the gas line reaches the predetermined value, being kept constant and that after said point in time, the gas volume flow in each gas line is automatically controlled in such a way that the gas pressure in each gas line is held constant at the predetermined value. 35 40
5. A process according to claim 4, characterised in that during the initial casting phase up to a point in time after the billet has entered the water-cooled region, the level of the metal bath is held at a constant low value ranging between 50% and 85% below the maximum filling level in the hot head, and that thereafter the mould is filled completely.
6. A process according to any one of claims 4 or 5, characterised in that during the first and second casting phases the actual value of the gas pressure in each gas line is measured and compared with a predetermined nominal value and that the gas volume flow is increased if the actual value of the gas pressure is below the predetermined nominal value and decreased if the actual value of the gas pressure is above the predetermined nominal value.

7. A process according to any one of the preceding claims, characterised in that the volume flow of the gas is limited by a predetermined maximum value. 5
8. A process according to claim 7, characterised in that a value ranging between 0.2 and 2.0 NI/h per mm circumference of the mould cavity is predetermined as the maximum value. 10
9. A process according to claim 8, characterised in that a value of approx. 0.32 N./h per mm circumference of the mould cavity is predetermined as the maximum value. 15
10. A process according to any one of the preceding claims, characterised in that the volume flow of the gas is limited by a predetermined minimum value. 20
11. A process according to claim 11, characterised in that independently of the circumference of the mould cavity, a value ranging between 10 and 130 NI/h is predetermined as the minimum value. 25
12. A process according to claim 11, characterised in that a value of approx. 20 NI/h is predetermined as the minimum value. 30
13. A process according to any one of the preceding claims, characterised in that the predetermined nominal value for the gas pressure in each gas line corresponds at least to the metalostatic pressure of the melt when the mould is filled completely. 35
14. A process according to any one of the preceding claims, characterised in that after a predetermined casting length or casting time has been reached, the predetermined nominal value for the gas pressure is lowered in stages or continuously. 40
15. A process according to any one of claims 1 to 13, characterised in that after a predetermined casting length or casting time has been reached, the volume flow of the gas is lowered to a predetermined constant value. 45
16. A process according to claim 15, characterised in that after a predetermined casting length or casting time has been reached, the volume flow of the gas is held constant at the predetermined minimum value. 50
17. A process according to any one of the preceding claims, characterised in that the pre-pressure of the gas in front of the individual control valves for setting the gas volume flow is set to a value of at least 2 bar. 55
18. A process according to any one of the preceding claims, characterised in that the minimum inner diameter of the gas lines is selected to be such that the pressure losses in the gas lines at a controlled volume flow are negligibly small as compared to the predetermined nominal value for the gas pressure.
19. A process according to any one of the preceding claims, characterised in that the inner diameter of the gas lines amounts to at least 6 mm.
20. A process according to any one of the preceding claims, characterised in that for each mould, the gas supply is divided and provided through a plurality of partial gas lines, with the gas volume flow and gas pressure for each partial gas line being measured and controlled separately.
21. A process according to claim 20, characterised in that the gas volume flow for each partial gas line of a mould is upwardly limited to part of the maximum value predetermined for the mould.
22. A process according to any one of claims 20 or 21, characterised in that the same nominal value for the gas pressure is predetermined for each partial gas line of a mould, with said nominal value corresponding at least to the metalostatic pressure of the melt when the mould is filled completely.
23. A process according to any one of the preceding claims, characterised in that the gas used is either air or nitrogen.
24. A process according to any one of the preceding claims, characterised in that the lubricant is introduced at a constant volume flow.
25. A process according to any one of the preceding claims, characterised in that the lubricant is introduced at a volume ranging between 0.1 and 1.0 ml/h per mm circumference of the mould cavity.
26. A process according to any one of the preceding claims, characterised in

that the kinematic viscosity of the lubricant at 40 °C ranges between 35 and 220 mm²/s.

27. A process according to claim 26, characterised in that the lubricant used is either rape seed oil or castor oil. 5
28. A process according to any one of the preceding claims, characterised in that the moulds used are round billet moulds with a circular cross-section. 10
29. A process according to any one of the preceding claims, characterised in that the moulds used are moulds for billets to be rolled, with a rectangular cross-section. 15
30. A process according to any one of the preceding claims, characterised in that the moulds used are oval billet moulds with straight side walls and semi-circular end walls. 20
31. A process according to any one of the preceding claims, characterised in that for moulds with different dimensions contained in the same multiple casting plant, different nominal values are predetermined for the gas pressure. 25

Revendications 30

1. Procédé de coulée continue de métaux, et en particulier d'aluminium ou d'alliages d'aluminium, dans une installation de coulée à coquilles multiples dans laquelle chaque coquille est pourvue d'un chapeau de tête, un gaz sous pression et un lubrifiant étant introduits dans la cavité de moulage de la coquille au-dessous du chapeau de tête, caractérisé : 35
- par le fait que le gaz de chaque coquille est amené par l'intermédiaire d'au moins un conduit de gaz, cependant que sont disposés dans chaque conduit de gaz une vanne de régulation destinée au réglage du débit du gaz et un capteur de pression monté en aval, ainsi qu'un dispositif pour déterminer le débit du gaz, 40
- par le fait que le débit du gaz dans chaque conduit de gaz est maintenu automatiquement constant et égal à une valeur prédéterminée, indépendamment de l'état de remplissage correspondant de la coquille, dans une première phase de coulée qui s'étend depuis le début du remplissage de la coquille par du métal liquide jusqu'à un instant situé après l'entrée de la barre en métal coulé dans la zone refroidie à l'eau, 45
- et par le fait que, dans une deuxième phase de coulée, le débit du gaz est régulé automatiquement dans chaque conduit de gaz d'une manière telle que la pression du gaz dans chaque conduit de 50
- 55

gaz soit maintenue constante et égale à une valeur prédéterminée.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le remplissage de la coquille par le métal liquide a lieu d'une manière telle que la coquille soit complètement remplie avant que la barre en métal coulé n'entre dans la zone refroidie à l'eau, cependant que le débit du gaz dans chaque conduit de gaz est maintenu constant et égal à la valeur prédéterminée, indépendamment de la pression du gaz dans le conduit de gaz, jusqu'à un instant qui est situé après l'entrée de la barre en métal coulé dans la zone refroidie à l'eau, et par le fait qu'après cet instant, le débit du gaz dans chaque conduit de gaz est régulé automatiquement d'une manière telle que la pression du gaz dans chaque conduit de gaz soit maintenue constante et égale à la valeur prédéterminée.
3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé par le fait que, pendant la deuxième phase de coulée, on mesure la valeur réelle de la pression du gaz dans chaque conduit de gaz et on la compare à une valeur de consigne prédéterminée, et par le fait que l'on augmente le débit du gaz lorsque la valeur réelle de la pression du gaz est située au-dessous de la valeur de consigne prédéterminée, et qu'on le diminue lorsque la valeur réelle de la pression du gaz est située au-dessus de la valeur de consigne prédéterminée.
4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le remplissage de la coquille par le métal fondu a lieu d'une manière telle que la barre en métal coulé entre dans la zone refroidie à l'eau avant que la coquille ne soit complètement remplie, cependant que le débit du gaz dans chaque conduit de gaz est maintenu constant jusqu'à un instant qui est situé entre l'entrée de la barre en métal coulé dans la zone refroidie à l'eau et le remplissage complet de la coquille et auquel la pression du gaz dans le conduit de gaz atteint la valeur prédéterminée, et par le fait qu'après cet instant, le débit du gaz dans chaque conduit de gaz est régulé automatiquement d'une manière telle que la pression du gaz dans chaque conduit de gaz soit maintenue constante et égale à la valeur prédéterminée.
5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé par le fait que le niveau du bain de métal, pendant la phase d'amorçage de la coulée et jusqu'à un instant situé après l'entrée de la barre en métal coulé dans la zone refroidie à l'eau, est maintenu à une valeur constante et faible qui est inférieure de 50 à 85% à l'état de remplissage maximal dans la tête, et que la coquille est ensuite remplie complètement.

6. Procédé selon l'une des revendications 4 et 5, caractérisé par le fait que pendant la première phase de coulée et pendant la deuxième phase de coulée, on mesure la valeur réelle de la pression du gaz dans chaque conduit de gaz et on la compare à une valeur de consigne prédéterminée, et par le fait que l'on augmente le débit du gaz lorsque la valeur réelle de la pression du gaz est située au-dessous de la valeur de consigne prédéterminée, et qu'on le diminue lorsque la valeur réelle de la pression du gaz est située au-dessus de la valeur de consigne prédéterminée.
7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que le débit du gaz est limité par une valeur maximale prédéterminée.
8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé par le fait que la valeur maximale prédéterminée est une valeur comprise entre 0,2 et 2,0 NI par heure et par millimètre du pourtour de la cavité de moulage de la coquille.
9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé par le fait que la valeur maximale prédéterminée est une valeur égale à 0,32 NI environ par heure et par millimètre du pourtour de la cavité de moulage de la coquille.
10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que le débit du gaz est limité par une valeur minimale prédéterminée.
11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé par le fait que la valeur minimale prédéterminée est une valeur comprise entre 10 et 130 NI/h, indépendamment du pourtour de la cavité de moulage de la coquille.
12. Procédé selon la revendication 11, caractérisé par le fait que la valeur minimale prédéterminée est une valeur égale à 20 NI/h environ.
13. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que la valeur de consigne prédéterminée de la pression du gaz dans chaque conduit de gaz correspond au moins à la pression métalostatique du métal fondu lorsque la coquille est complètement remplie.
14. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que l'on diminue par étapes ou continûment la valeur de consigne prédéterminée de la pression du gaz après qu'une longueur de métal coulé prédéterminée ou une durée de coulée prédéterminée a été atteinte.
15. Procédé selon l'une des revendications 1 à 13, caractérisé par le fait que l'on diminue le débit du gaz jusqu'à une valeur constante prédéterminée après qu'une longueur de métal coulé prédéterminée ou une durée de coulée prédéterminée a été atteinte.
16. Procédé selon la revendication 15, caractérisé par le fait que l'on maintient le débit du gaz constant et égal à la valeur minimale prédéterminée après qu'une longueur de métal coulé prédéterminée ou une durée de coulée prédéterminée a été atteinte.
17. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que la pression d'admission en amont des diverses vannes de régulation est réglée en vue du réglage du débit du gaz à une valeur au moins égale à 2 bars.
18. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que l'on choisit le diamètre intérieur minimal des conduits de gaz d'une manière telle les pertes de pression dans les conduits de gaz soient négligeables en comparaison de la valeur de consigne prédéterminée lorsque le débit est régulé.
19. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que le diamètre intérieur des conduits de gaz est au moins égal à 6 mm.
20. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que le gaz est amené à chaque coquille en étant réparti entre plusieurs conduits de gaz partiels, la mesure et la régulation du débit du gaz ou de la pression du gaz, respectivement, étant réalisées séparément pour chaque conduit de gaz partiel.
21. Procédé selon la revendication 20, caractérisé par le fait que le débit du gaz qui est destiné à chaque conduit de gaz partiel d'une coquille est limité vers le haut à une fraction de la valeur maximale prédéterminée destinée à la coquille.
22. Procédé selon l'une des revendications 20 et 21, caractérisé par le fait que la même valeur de consigne de la pression du gaz est prédéterminée pour chaque conduit de gaz partiel d'une coquille, cette valeur de consigne correspondant au moins à la pression métalostatique du métal fondu lorsque la coquille est complètement remplie.
23. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que l'on utilise comme gaz de l'air ou de l'azote.
24. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que le lubrifiant est introduit en présentant un débit constant.

25. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que le lubrifiant est introduit en présentant un débit compris entre 0,1 et 1,0 ml par heure et par millimètre du pourtour de la cavité de moulage. 5
26. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que la viscosité cinématique du lubrifiant est comprise entre 35 et 220 mm²/s à 40°C. 10
27. Procédé selon la revendication 26, caractérisé par le fait que l'on utilise comme lubrifiant de l'huile de navette ou de l'huile de ricin. 15
28. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que l'on utilise comme coquilles des coquilles à barres rondes dont la section transversale est circulaire. 20
29. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que l'on utilise comme coquilles des coquilles à barres de laminage dont la section transversale est rectangulaire. 25
30. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que l'on utilise comme coquilles des coquilles à barres ovales dont les parois latérales sont rectilignes et dont les parois frontales sont en forme de demi-cercles. 30
31. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que des valeurs de consigne différentes de la pression du gaz sont prédéterminées pour des coquilles de la même installation de coulée à coquilles multiples dont les dimensions sont différentes. 35

40

45

50

55

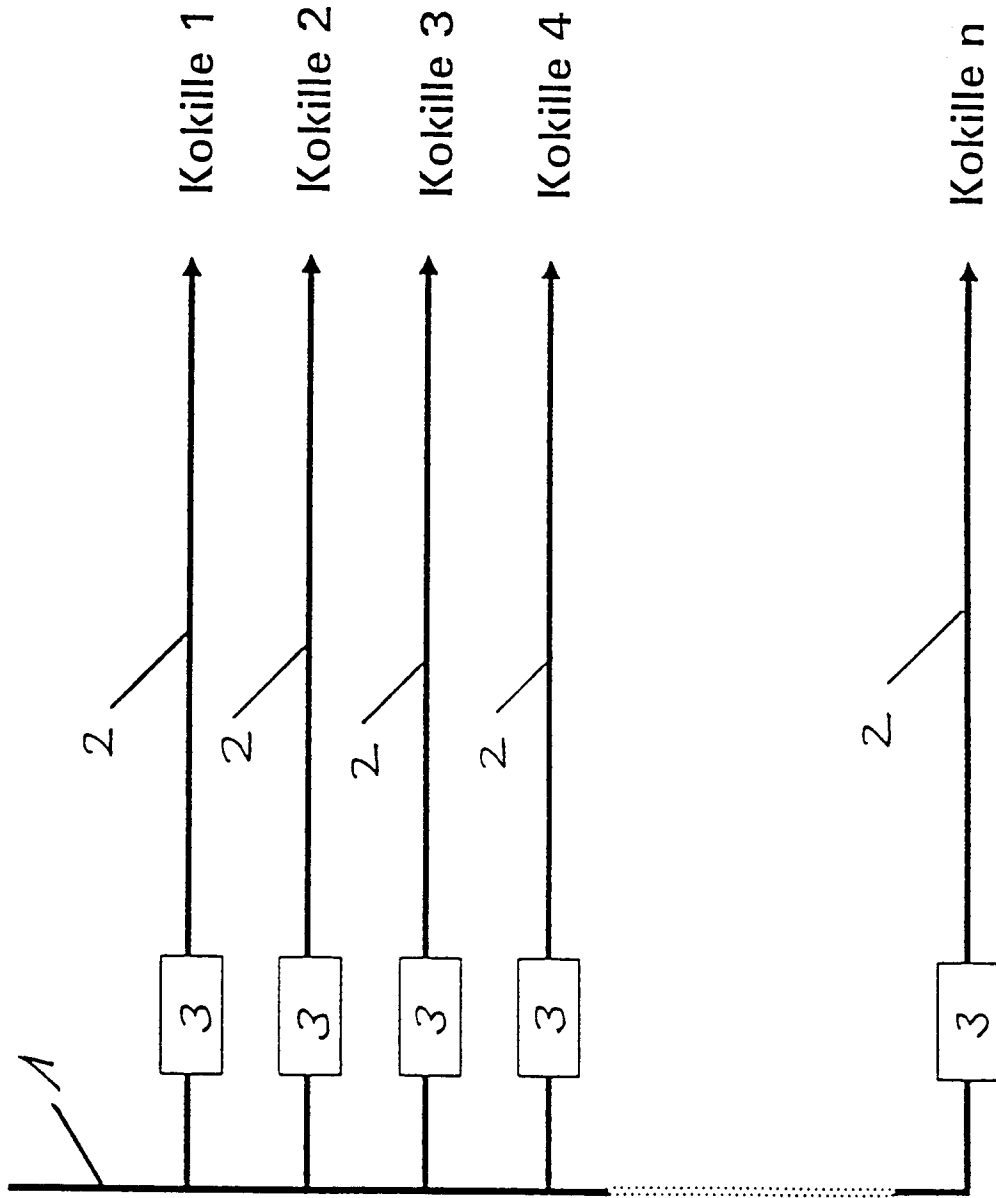


Fig. 1

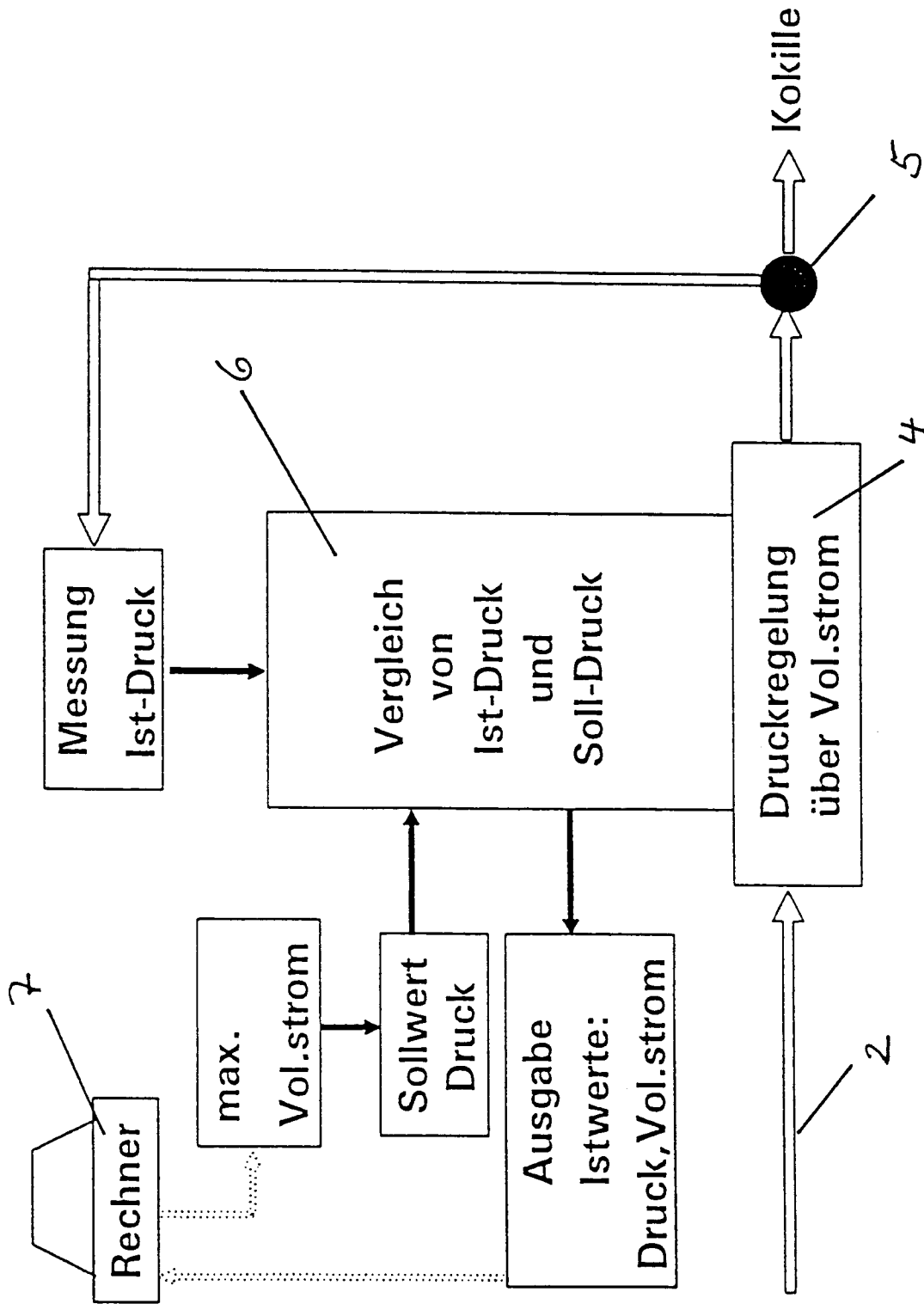


Fig. 2

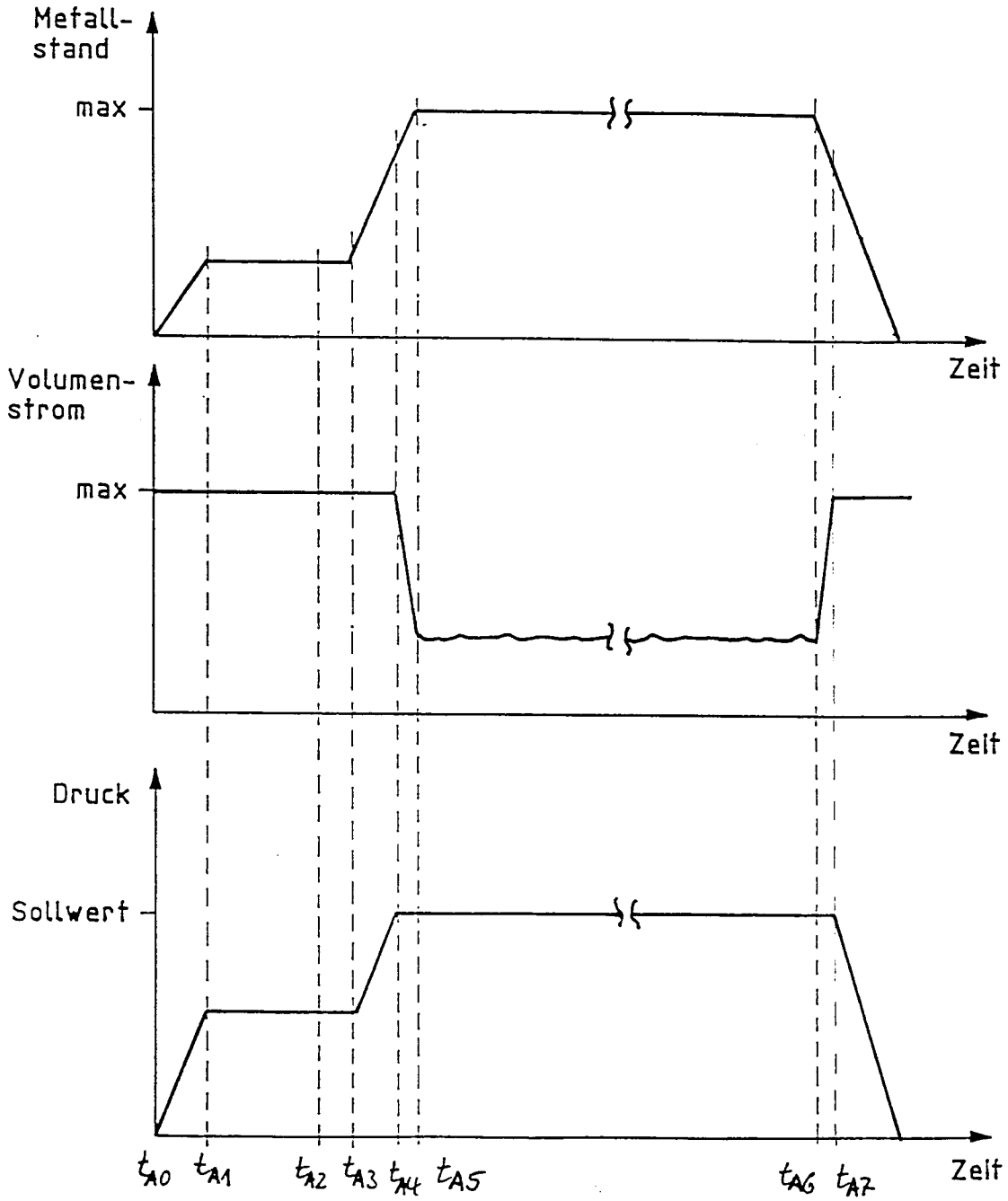


Fig. 3

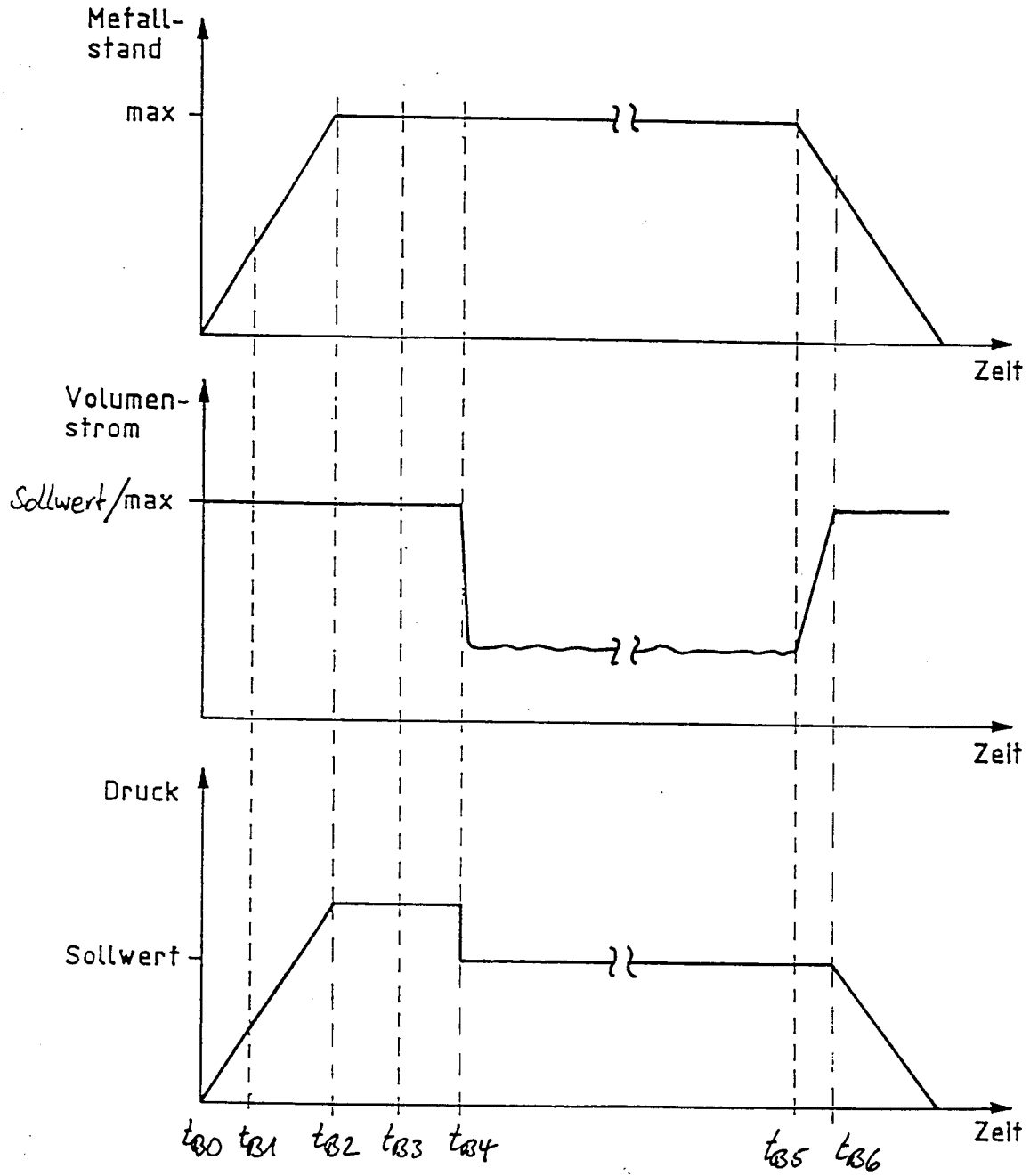


Fig. 4