

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 576 795 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
28.05.1997 Patentblatt 1997/22

(51) Int. Cl.⁶: **B22D 17/32**

(21) Anmeldenummer: **93106696.3**

(22) Anmeldetag: **24.04.1993**

(54) Verfahren und Vorrichtung zur Prozesssteuerung einer Druckgiessmaschine

Method and apparatus to control the process of a die casting machine

Procédé et dispositif pour commande de processus pour une machine à mouler sous pression

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE ES FR IT

(74) Vertreter: **Patentanwälte Eisele, Otten & Roth**
Seestrasse 42
88214 Ravensburg (DE)

(30) Priorität: **05.06.1992 DE 4218556**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
05.01.1994 Patentblatt 1994/01

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 065 841 DE-A- 3 209 834
DE-C- 2 021 182 US-A- 4 559 991

(73) Patentinhaber: **Maschinenfabrik Müller-Weingarten AG**
D-88250 Weingarten (DE)

- (72) Erfinder:
- **Stummer, Friedrich, Dr.-Ing.**
W-7012 Fellbach (DE)
 - **Frey, Rolf, Ing. (grad.)**
W-7065 Winterbach (DE)
 - **Reinhardt, Albert, Ing. (FH)**
W-7981 Berg (DE)
 - **Lutz, Wolfgang, Dipl.-Ing.**
W-7053 Kernen (DE)

- **DIPL.-ING. ERNST BRUNHUBER 'Praxis der Druckgussfertigung' 1980 , FACHVERLAG**
- **SCHIELE & SCHOEN GMBH, BERLIN**
- **FRIEDRICH KLEIN 'Automatische Giessprozessberwachung beim Druckgiessen' 1981 , GIESSEREI , DUESSELDORF**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 14, no. 379 (M-1012)16. August 1990 & JP-A-21 42 664 (TOSHIBA MACH CO LTD) 31. Mai 1990**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 10, no. 353 (M-539)24. Dezember 1984 & JP-A-61 150 764 (NIPPON DENSO CO LTD) 9 Juli 1986**

EP 0 576 795 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 Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens zur Prozeßsteuerung einer Druckgießmaschine nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bzw. des Anspruchs 11,

Aus der DE-PS 20 21 182 der Anmelderin ist eine Vorrichtung zum Einstellen der Preßkolbengeschwindigkeiten und -drücke bei Druckgießmaschinen bekannt geworden, welche nach dem sogenannten Drei-Phasen-System bei Kaltkammer-Druckgießmaschinen arbeitet. Diese Betriebsart wird zum Einstellen der beim Druckgießen erforderlichen unterschiedlichen Preßkolbengeschwindigkeiten und -drücke angewandt, wobei in der ersten und zweiten Arbeitsphase nur der auf den Gießkolben einwirkende Preßkolben des Preßzylinders über Druckmittelleitungen beaufschlagt wird und während der dritten Arbeitsphase eine Beaufschlagung eines als Stufenkolben ausgebildeten Multiplikatorkolbens erfolgt. Dabei wird bei dieser bekannten Einrichtung der Preßkolben in der ersten und zweiten Arbeitsphase über eine Bohrung mit Rückschlagventil im Multiplikatorkolben mit Druckmedium beaufschlagt. Aufgrund des wachsenden Drucks im Zylinderraum des Preßzylinders schließt sich die Bohrung im Multiplikatorkolben, so daß der Multiplikatorkolben während der dritten Phase (Nachdruckphase) mit seiner Kolbenflächenübersetzung auf den Preßkolben und damit auf den Gießkolben einwirkt.

Unter Drei-Phasen-System versteht man demnach den Ablauf des Gießverfahrens insbesondere bei waagrechtter Kaltkammer-Druckgießmaschine mit einer Vorfüllphase der Gießkammer (erste Phase), einer Formfüllphase der Gießform (zweite Phase) und einer Nachdruckphase der Gießform (dritte Phase).

Die bekannte Einrichtung gemäß der DE-PS 20 21 182 wird darüber hinaus als Zweikreis-Gießaggregat bezeichnet, da im ersten Kreis während der ersten und zweiten Arbeitsphase der Preßkolben und im zweiten Kreis während der dritten Arbeitsphase der Multiplikatorkolben mit Druckmedium aus unterschiedlichen Kolbenspeichern beaufschlagt werden. Dabei wird bei der bekannten Einrichtung der Multiplikatorkolben mit einer beidseitig des Kolbens vorgesehenen Kolbenstange ausgeführt, so daß sich für die Druckbeaufschlagung des Multiplikatorkolbens eine vordere Ringfläche am Multiplikatorkolben selbst und eine weitere Kreisfläche an der hinteren Kolbenstange ergibt. Dies hat den Vorteil, daß eine gesonderte Regelung des ringförmigen Druckraums am Multiplikatorkolben und des zusätzlichen hinteren Zylinderraums hinter der Kolbenstange ermöglicht wird. Zur Regelung dieser Druckräume sind Durchlaßventile vorgesehen, die durch Weggeber an der Kolbenstange des Preßkolbens oder an der hiermit verbundenen Kolbenstange des Gießkolbens angebracht sind. Dabei wird über die Ventilsteuerung zunächst der hintere Zylinderraum hinter der hinteren Kolbenstange des Multiplikatorkolbens mit Druckmedium beaufschlagt, welches über die Zentralbohrung

zum Zylinderraum des Preßzylinders und damit zum Preßkolben gelangt (erste und zweite Arbeitsphase). Während der dritten Arbeitsphase (Nachdruckphase) wird durch einen Weggeber oder durch druckabhängiges Schalten ein weiteres Durchlaßventil zur Beaufschlagung des ringförmigen Zylinderraums des Multiplikatorkolbens und des hinteren Zylinderraums mit Druckmedium geöffnet, wobei die Mittelbohrung im Multiplikatorkolben sich bei Druckanstieg selbsttätig verschließt.

Bei dieser bekannten Vorrichtung wird das Druckmedium vor dem Preßkolben während der ersten und zweiten Arbeitsphase über eine Auslaßbohrung in einen Ölbehälter ohne besondere Regelung und Druckbeeinflussung herausgeschoben und bei der Rückstellung des Preßkolbens wieder eingelassen. Das Druckmedium vor dem Multiplikatorkolben im Zylinderraum des Multiplikators wird bei dessen Vorwärtsbewegung in der dritten Arbeitsphase (Nachdruckphase) ebenfalls über ein Drosselventil in einen Ölbehälter befördert und bei der Rückstellung des Multiplikatorkolbens entsprechend wieder eingepumpt. Die Regelung und Steuerung von Preßkolben und Multiplikatorkolben geschieht deshalb bei der bekannten Vorrichtung ausschließlich über den Zeitpunkt der Zuschaltung des Druckmediums zu den einzelnen Druckräumen im Preßzylinder sowie im Multiplikatorzylinder bzw. zum hinteren Zylinderraum, wobei zusätzliche Drosselventile eine gewisse Mengenregulierung durch einen Druckabfall ermöglichen. Eine sonstige Beeinflussung in der Steuerung ist aufgrund der fehlenden Regelmöglichkeiten nicht vorgesehen.

Aus der Literaturstelle Ernst Brunnhuber: "Praxis der Druckgußfertigung", 3. Auflage, 1980, sind ebenfalls Multiplikatoranordnungen bekannt geworden, die auf den Seiten 70 bis 78 näher erläutert sind. Insbesondere sind auf den Seiten 73, 75 Multiplikatoranordnungen an einem Gießantrieb gezeigt, mittels welcher ebenfalls im Drei-Phasen-System gearbeitet werden kann. Dabei erfolgt die Zuschaltung des Druckspeichers für die Nachdruckphase ebenfalls über einen Impuls vom Gießkolben durch Öffnung eines Schußventils. In der Darstellung auf Seite 75 dieser Literaturstelle wird darüber hinaus eine zusätzliche Regelung des Multiplikatordruckes durch einen Gegendruck mittels eines weiteren Druckspeichers vorgeschlagen, mittels welchem die Vorwärtsbewegung des Multiplikatorkolbens abgebremst und damit Druckspitzen vermieden werden. Hierdurch kann in gewissem Umfang eine Regelung der Druckaufbauzeit in der dritten Arbeitsphase ermöglicht werden. Gemäß der Literaturangabe werden Druckanstiegszeiten durch die Druckspeicher von ca. 10 ms oder auch weniger erzielt. Ein entsprechendes Druck-Zeit-Diagramm ist auf der Seite 77 der Literaturstelle Brunnhuber zur Erläuterung angegeben.

Bei einer Ausführungsform gemäß der Darstellung in der Literaturstelle Brunnhuber, Seite 78, wird auf eine Durchgangsbohrung im Multiplikatorkolben verzichtet und die Druckbeaufschlagung des Preßkolbens unmittel-

telbar im dahinterliegenden Zylinderraum vorgenommen. In diesem Fall wirkt ein erster Druckspeicher unmittelbar auf den Zylinderraum des Preßkolbens, auch Antriebskolben genannt. Ein zweiter Druckspeicher wirkt durch den entsprechenden Impuls auf den Multiplikator Kolben.

Neben den genannten Literaturstellen sind eine Vielzahl von Literaturstellen bekannt geworden, die sich mit der Prozeßsteuerung sowohl beim Spritzgießen als auch beim Druckgießen beschäftigen. Insbesondere aus der Literaturstelle Klein: "Automatische Gießprozeßüberwachung beim Druckgießen", Gießerei 68, (1981), Nr. 18, Seite 531 ff., ist eine solche Gießprozeßüberwachung bekannt geworden, bei welcher eine Vielzahl von Parametern, wie Formfüllzeit, Druckaufbauzeit, Druck der Schmelze, Formfüllungsgrad, Temperatur der Schmelze usw., als Ist-Werte erfaßt und mit vorgegebenen Soll-Werten verglichen werden.

Bei einer schlechten Qualität des Erzeugnisses werden die Ist-Werte und ggf. auch die Soll-Werte korrigiert, um in nächstfolgenden Gießvorgängen eine Verbesserung des Gießergebnisses zu erzielen. Die Gießbedingungen werden demnach während des Druckgießprozesses überwacht und in nachfolgenden Gießprozessen ggf. korrigiert.

Alle bekannten Gießprozeßüberwachungsmethoden haben den Nachteil, daß die während des Gießprozesses ermittelten Gießparameter nicht unmittelbar auf den gerade stattfindenden Gießprozeß einwirken können, da eine Rückkopplung von ermittelten Gießparametern nicht vorgesehen ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Verfahren zur Gießprozeßüberwachung und insbesondere zur Prozeßregelung einer Druckgießmaschine sowie eine entsprechende Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens vorzuschlagen.

Diese Aufgabe wird ausgehend vom Gattungsbegriff des jeweiligen Verfahrens- bzw. Vorrichtungshauptanspruchs durch die kennzeichnenden Merkmale der jeweiligen Schutzrechtsansprüche gelöst.

In den Unteransprüchen sind vorteilhafte und zweckmäßige Weiterbildungen der Erfindung angegeben.

Das erfindungsgemäße Verfahren bzw. die entsprechende Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens hat gegenüber dem bekannten Stand der Technik den Vorteil, daß ein sogenanntes echtzeit-geregeltes Zweikreis-Gießaggregat geschaffen wird, mit welchem eine unmittelbare Beeinflussung der Gießparameter während des Gießprozesses ermöglicht wird. Dies geschieht insbesondere dadurch, daß die Bewegung des Preßkolbens bzw. Antriebskolbens für den Gießkolben in jeder Phase seiner Bewegung kontrolliert und geregelt ablaufen kann. Das gleiche gilt für die Bewegung des Multiplikator Kolbens während dessen Bewegung in der dritten Arbeitsphase. Der Preßkolben oder Antriebskolben wird im zugehörigen Preßzylinder und der Multiplikator Kolben im zugehörigen Multiplikatorzy-

linderraum quasi zwischen einem vorderen und einem hinteren regelbaren Druckpolster quasi "eingespannt", so daß während der Drei-Phasen-Bewegung die jeweiligen Kolben in ihrer Vorwärtsbewegung oder auch Rückwärtsbewegung sowohl in ihrer Geschwindigkeit als auch in ihrem Beschleunigungsverhalten separat und aufeinander abgestimmt geregelt werden können. Der Zylinderraum vor dem Preßkolben und vor dem Multiplikator Kolben wird demnach als regelbarer Druckraum verwendet, wobei die diesbezüglich bekannte Regelung bei Multiplikator Kolben dahingehend verbessert wird, daß eine unmittelbare Rückkopplung der Regelwerte erfolgen kann.

Diese Regelung ist durch den Einsatz von äußerst schnell reagierenden sogenannten Servo-Proportional-Regelventilen in den jeweiligen Steuerkreisen möglich, die auch als sogenannte "Stetig-Ventile" bezeichnet werden.

Durch diese Regelungsmöglichkeit können Druckspitzen am Ende der Formfüllphase sowohl durch Abbremsen des Preßkolbens als auch durch eventuelles Rückwärtssteuern des Multiplikator Kolbens in gegenseitiger Abhängigkeit dieser Bewegungen abgebaut bzw. verhindert werden. Auch die dritte Arbeitsphase mit dem Nachdruckaufbau kann durch eine Abstimmung der Bewegung der beiden Kolben in optimal kurzer Zeit erfolgen, wobei die Regelzeiten unter 5 ms erfolgt.

Jegliche Geschwindigkeitsänderung des Gießkolbens kann demnach durch eine Steuerung und Regelung des Preßkolbens allein in der ersten und zweiten Arbeitsphase und des Multiplikator Kolbens in der dritten Arbeitsphase durch Abstimmung der zu diesen beiden Zylinderräumen zufließenden Hydraulikmenge erfolgen, wobei höhere Beschleunigungen möglich sind, als dies mit einer Hydraulikmediumversorgung aus nur einem Hydraulikmediumreservoir möglich ist.

Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung sind in der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels der Erfindung angegeben. Im einzelnen zeigt

Figur 1 eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens zur erfindungsgemäßen Prozeßsteuerung,

Figur 2 weitere Einzelheiten aus Figur 1,

Figur 3 eine weitere Ausführungsvariante und

Figur 4 einen zentralen Rechner mit Regelfunktion für die zu verarbeitenden Daten.

Beschreibung der Erfindung:

Der in der Figur 1 dargestellte Gießantrieb 1 dient zur Betätigung einer Gießgarnitur 2, bestehend aus einer Gießkammer 3 mit darin enthaltener Metallschmelze 4 und einem Gießkolben 5 zum Einschub der

Metallschmelze 4 in einen nicht näher dargestellten Formhohlraum. Der Gießkolben 5 ist über eine Gießkolbenstange 6 mit dem Gießantrieb 1 verbunden. Der Gießantrieb 1 besteht aus einem vorderen Preßzylinder 7, mit einem darin geführten Preßkolben 8, der als Antriebskolben 8 für die zugehörige Kolbenstange 9 dient. Die Kolbenstange 9 ist mit der Gießkolbenstange 6 verbunden. Der Preßzylinder 7 weist einen vorderen Zylinderraum 10 und einen hinteren Zylinderraum 11 auf, die durch den Preßkolben 8 getrennt sind. Der vordere Zylinderraum 10 wird über eine radiale und nachfolgend axiale Bohrung 12 im Zylinderkopf 13 mit einem Druckmediumanschluß 14 verbunden.

Dem Preßzylinder 7 schließt sich eine Multiplikator-einrichtung 15 an, bestehend aus einem geschlossenen Multiplikatorzylindergehäuse 16 mit einem darin axial verschiebbaren Multiplikator Kolben 17, der den Multiplikatorzylinderraum in einen vorderen geschlossenen Zylinderraum 18 und einen hinteren geschlossenen Zylinderraum 19 aufteilt. Dabei weist der Multiplikator Kolben 17 in an sich bekannter Weise eine nach vorne hin, d. h. zur Gießgarnitur 2 hin, weisende erste Kolbenstange 20 auf, die sich durch die Zylinderwandung des Multiplikatorzylindergehäuses in den hinteren Zylinderraum 11 des Preßzylinders 7 hinein erstreckt. Der Multiplikator Kolben 17 weist darüber hinaus eine hintere Kolbenstange 21 auf, die sich ebenfalls über das Multiplikatorzylindergehäuse seitlich in einen hinteren Zylinderraum 22 eines zusätzlichen Anschlußgehäuses 23 erstreckt. Der Multiplikator Kolben 17 mit vorderer Kolbenstange 20 und hinterer Kolbenstange 21 wird durch eine zentrale Längsbohrung 24 durchsetzt, in welchem ein Rückschlagventil 25 angeordnet ist. In der hintersten Stellung des Multiplikator Kolbens 17 wird das Rückschlagventil 25 mittels einer durch die Längsbohrung 24 hindurchragenden Stange 26 vom Ventilsitz weggedrückt und damit geöffnet.

Der hintere Zylinderraum 19 des Multiplikatorzylinders ist über den Druckmediumanschluß 28, der hintere Zylinderraum 22 des zusätzlichen Anschlußgehäuses 23 über den Druckmediumanschluß 29 mit Druckmedium beaufschlagbar.

Jede Position der Gießkolbenstange 6 bzw. der Kolbenstange 9 wird mittels einer Weg/Geschwindigkeits/Beschleunigungs-Meßeinrichtung 30 erfaßt. Gleiches gilt für die Maßeinrichtung 31 zur Erfassung jeglicher Position sowie des Weges, der Geschwindigkeit, der Beschleunigung des Multiplikator Kolbens 17. Hierfür ragt eine verschiebbare Meßstange 32 vom Multiplikator Kolben 17 parallel zur Längsachse zur entsprechenden Maßeinrichtung 30. Die Maßeinrichtung kann beispielsweise ausgeführt werden, wie es in der DE 32 09 834 A1 beschrieben ist.

Der prinzipielle Aufbau des Gießantriebs für die Gießgarnitur ist auch in der eingangs erwähnten Patentschrift PS 20 21 182 der Anmelderin beschrieben. Auf den gesamten Inhalt dieser Patentschrift wird, soweit er für die vorliegenden Erfindung maßgeblich ist, hiermit ausdrücklich Bezug genommen.

Erfindungsgemäß wird zur Herstellung eines echtzeitgeregelten Zweikreis-Gießaggregats eine Reihe von schnell regelbaren Servo-Proportional-Ventilen, auch Stetig-Ventile genannt, verwendet. Durch den Einsatz von wenigstens zwei Stetig-Ventil-Baugruppen 33, 34 sowie durch Abstimmung der entsprechenden Kolbenflächen A_1 des Preßkolbens 8 und der Kreisringfläche A_2 des Multiplikator Kolbens 17 sowie der Kreisflächen $A_{2.1}$ der vorderen Kolbenstange 20 und $A_{2.2}$ der hinteren Kolbenstange 21 wird der Bewegungsablauf des Gießantriebs koordiniert. In Figur 2 ist der prinzipielle Aufbau bzw. die Anordnung des Gießantriebs nochmals dargestellt.

Mittels p/U-Meßwertumformer kann der Druck in den Druckräumen 10, 11 bzw. 18, 19 bzw. 22 erfaßt und als Regelsignal ausgewertet werden.

Das Servo-Proportional-Ventil 33 regelt demnach die Druckverhältnisse im vorderen Zylinderraum 10 (Druck p_2 am Meßwertumformer 44) des Preßzylinders 7 und bewirkt eine Art Einspannung des Preßkolbens 8 zwischen dem Druckraum 10 (Druck p_2) und dem Druckraum 11 (Druck p_1). Letzteres ist mittels des p/U-Umformers 45 erfaßbar und dadurch regelbar. Die Bewegung des Preßkolbens 8 kann damit kontrolliert erfolgen.

Gleichermaßen erfolgt durch das Servo-Proportional-Ventil 34 eine Regelung des hinteren Druckraums 19 des Multiplikator Kolbens 17, wobei vorzugsweise der vordere Druckraum 18 des Multiplikator Kolbens ebenfalls über ein weiteres Servo-Proportional-Ventil 35 geregelt wird. Auch diesen Stetigventilen können in Fig. 1 näher dargestellte p/U-Meßwertumformer zugeordnet sein, um die Druckverhältnisse in den Druckräumen 18, 19 zu erfassen und damit zu regeln.

Schließlich wird zur Regelung des hinteren Zylinderraums 22 ebenfalls die Regelung eines schnell schaltenden Servo-Proportional-Ventils 36 am Druckmediumanschluß 29 herangezogen, so daß die Beaufschlagung des Druckraumes 22 über einen ersten Druckspeicher 37 und die Beaufschlagung des Druckraumes 19 über einen zweiten Druckspeicher 38 über eine schnell schaltende Proportional-Ventilsteu-erung erfolgen kann. Auch hier können zusätzliche p/U-Meßwertumformer eingesetzt werden.

Durch diese Maßnahmen wird sowohl der Preßkolben 8 als auch der Multiplikator Kolben 17 beidseitig "eingespannt", so daß eine feinfühligere Bewegung in allen axialen Richtungen, d. h. vorwärts und rückwärts, erfolgen kann. Die Steuerung bzw. Regelung des Gießantriebs erfolgt durch die laufende Bestimmung der Lage "s", der Geschwindigkeit "v" oder der Beschleunigung sowohl der Gießkolbenstange 6 als auch des Multiplikator Kolbens 17 während des Gießprozesses, wie dies auch in den beiden Diagrammen $v = f(s)$, $p = f(t)$ in Figur 4 prinzipiell dargestellt ist. Als Meßgröße dient weiterhin der Druck in den einzelnen Druckräumen. Die zugehörigen Meßdaten aus den Maßeinrichtungen 30, 31 bzw. den p/U-Meßwertumformern 44, 45 usw. führen über Meßleitungen 39, 40 zu einem Rechner 41 (siehe

Figur 1 und 4), in welchem die übrigen erforderlichen Gießparameter ebenfalls erfaßt und ausgewertet werden. Die Stetig-Ventil-Baugruppen bzw. Servo-Proportional-Ventile 33 bis 36 werden dann vom Rechner 41 angesteuert, so daß der Bewegungsablauf des Gießantriebs in jeder Phase während des Gießprozesses kontrolliert und geregelt werden kann. Beispielsweise können durch entsprechende zusätzliche Drucksensoren im Formenhohlraum der dortige Druck P_F oder durch entsprechende Temperatursensoren die dortige Temperatur T_F der Schmelze erfaßt und über die Steuerleitungen 42, 43 dem Rechner 41 zugeführt werden. Druckspitzen am Ende der Formfüllphase können dann sowohl durch Abbremsen des Preßkolbens 8 als auch durch ein eventuelles Rückwärtssteuern des Multiplikatorkolbens 17 in jeweils gegenseitiger Abhängigkeit dieser Bewegungen abgebaut oder ganz vermieden werden. Auch der Nachdruckaufbau kann durch Abstimmung der Bewegungen dieser beiden Kolben in optimal kurzer Zeit erfolgen, wobei die Regelung der Proportional-Ventile 33 bis 36 in einer Zeit unterhalb von 5 ms erfolgt.

Die Geschwindigkeitsänderungen des Preßkolbens 8 und damit des Gießkolbens 5 zur Beeinflussung der Gießgeschwindigkeit kann durch Abstimmung der zum Preßzylinder 7 zur Beaufschlagung des Preßkolbens 8 und zum Multiplikatorzylinder zur Beaufschlagung des Multiplikatorkolbens 17 zufließenden Hydraulikmediummenge beeinflusst werden, wobei höhere Beschleunigungen der beiden Kolben möglich sind, als dies mit der Hydraulikmediumversorgung aus nur einem Hydraulikmediumreservoir möglich ist. Durch die entsprechende Einspannung der beiden Kolben wird dabei jegliche Bewegung des Gießantriebs kontrolliert und beeinflusst.

Vor allem die Kolbenflächen $A_{2,1}$ und $A_{2,2}$ sind so auszulegen, daß, z. B. bei der Vorwärtsbewegung des Multiplikatorkolbens, die Menge des bei $A_{2,2}$, d. h. der hinteren Kolbenstange des Multiplikatorkolbens, zur Bewegung zufließenden Mediums zur Menge des bei $A_{2,1}$ verdrängten Mediums im Bereich des Verhältnisses 0,8 bis 1,2 : 1 liegen. Dabei verhält sich die Kreiszyylinderfläche A_1 des Preßkolbens 8 zur Summe der Flächen aus $A_2 + A_{2,2}$ im Verhältnis von 1 : 2,5 bis 4. Diese Abstimmung der Flächen ermöglicht einen optimalen Betrieb des Gießantriebs.

In einem vereinfachten, alternativen Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 wird lediglich der vordere Druckraum 10 des Preßzylinders 7 sowie der hintere Druckraum 19 der Multiplikatoreinrichtung 15 über die dargestellten Stetigventile 33, 34 geregelt. Dabei erfolgt wiederum die Meßwerterfassung zur "Einspannung" des Antriebskolbens 8 über die beiden p/U-Meßwertumformer 44, 45 mit den erfaßten Ist-Wert-Signalen p_1 , p_2 , die zu Stellwertsignalen y_1 , y_2 am Ausgang des Rechners 41 führen. Die entsprechenden Regelfunktionen sind in Fig. 4 wiedergegeben.

Die in Fig. 4 dargestellten Diagramme betreffen Soll-Wert-Vorgaben zur Regelung des Gießprozesses.

Die in dem Diagramm $p = f(t)$ dargestellten Kurven

1 bis 4 stellen Beispiele für Soll-Wert-Vorgaben dar und zwar den Soll-Wert vom Druckverlauf p über die Zeit t . Diese Druckverläufe $p = f(t)$ können während des Betriebs geregelt gefahren werden.

Gleiches gilt für das Diagramm $v = f(s)$ als Soll-Wert-Vorgabe der Geschwindigkeit des Gießkolbens über den Gießkolbenweg. Die Werte s_1 bis s_4 stellen bestimmte Wegpunkte des Gießkolbens dar, wobei zu jedem Wegpunkt eine bestimmte Geschwindigkeit zugeordnet werden kann. Beispielsweise wird im Punkt s_4 die Gießkolbengeschwindigkeit kurz vor Formfüllende auf eine Restgeschwindigkeit abgebremst. Diese Vorgänge werden ebenfalls geregelt gefahren.

15 Patentansprüche

1. Verfahren zur Prozeßsteuerung einer Druckgießmaschine, mit einer Gießkammer (3) für die Metallschmelze (4) und einem Gießkolben (5), mit einem der Gießkammer (3) nachgeschalteten Preßzylinder (7) mit Preßkolben (8) zum Antrieb des Gießkolbens (5) und mit einer dem Preßzylinder (7) nachgeschalteten Multiplikatoreinrichtung (15) mit darin geführtem Multiplikatorkolben (17), wobei der Gießantrieb (1) als Zweikreis-Gießaggregat ausgebildet ist und wobei ein Druckmedium mittels einer ersten Ventilsteuerung (36) unmittelbar auf den Preßkolben (8) und mittels einer weiteren Ventilsteuerung (34) auf den Multiplikatorkolben (17) einwirkt, dadurch gekennzeichnet, daß der Zweikreis-Gießantrieb mittels schnell regelbaren Servo-Proportional-Ventilen (33 bis 36) (Stetigventilen) gesteuert wird, wobei die Steuerung mittels wenigstens im Zu- bzw. Ablauf (14) zum Druckraum (10) vor dem Preßkolben (8) sowie im Zu- bzw. Ablauf (28) des Druckraums (19) hinter dem Multiplikatorkolben (17) jeweils einem angeordneten Servo-Proportional-Ventil (33, 34) erfolgt, daß die gesamte Bewegungen des Preßkolbens (8) und damit des Gießkolbens (5) sowie die Bewegungen des Multiplikatorkolbens (17) über Weg/Geschwindigkeits-Meßeinrichtungen (30, 31) sowie die Drücke in den Druckräumen von Preßzylinder (7) und/oder Multiplikatoreinrichtung (15) erfaßt werden, daß die Steuerung bzw. Regelung der Servo-Proportional-Ventile (33, 34) in Abhängigkeit zueinander und in Abhängigkeit der Bewegungen des Preßkolbens (8) bzw. des Multiplikatorkolbens (17) sowie der Drücke und ggf. weiterer Gießparameter im Formhohlraum mittels eines Rechners (41) erfolgt, so daß der laufende Einspritzvorgang während der Vorfüllphase und/oder der Formfüllphase und/oder der Nachdruckphase durch eine gesteuerte Bewegung des Preßkolbens (8) im Zusammenhang mit der Bewegung des Multiplikatorkolbens (17) unter geforderten Sollwerten abläuft.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Multiplikatoreinrichtung (15) einen Mul-

- tiplikator Kolben (17) mit einer wirksamen hinteren, kreisringförmigen Druckfläche A_2 in einem geschlossenen Multiplikatorzylindergehäuse (16) aufweist, wobei eine erste vordere Kolbenstange (20) des Multiplikator Kolbens (17) mit einer wirksamen vorderen Druckfläche $A_{2,1}$ in den Druckraum (11) des Preßzylinders (7) und eine zweite, hintere Kolbenstange (21) des Multiplikator Kolbens (17) mit einer wirksamen Druckfläche $A_{2,2}$ in einen weiteren, hinteren Druckraum (22) mündet und wobei der Multiplikator Kolben (17) mit seinen beiden, eine gemeinsame Längsachse aufweisenden Kolbenstangen (20, 21) eine Längsbohrung (24) mit Rückschlagventil (25) aufweist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß im Zu- bzw. Ablauf des vor dem Multiplikator Kolbens (17) angeordneten Druckraums (18) ein weiteres schnell regelbares Servo-Proportional-Ventil (35) und/oder im Zu- bzw. Ablauf des hinteren Druckraums (22) für die hintere Kolbenstange (21) ein weiteres schnell regelbares Servo-Proportional-Ventil (36) vorgesehen ist.
 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß mittels der Servo-Proportional-Ventilsteuerung am Preßzylinder (7) und an der Multiplikatoreinrichtung (15) am Ende der Formfüllphase eine Abbremsung des Preßkolbens (8) durch eine Gegendruckbeaufschlagung des Preßkolbens (8) im Druckraum (10) erfolgt, um Druckspitzen in der Gießform zu minimieren.
 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß mittels der Servo-Proportional-Ventilsteuerung an der Multiplikatoreinrichtung (15) eine Abbremsung bzw. eine Rückwärtssteuerung des Multiplikator Kolbens (17) erfolgt, um Druckspitzen in der Gießform zu minimieren.
 6. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mittels der Servo-Proportional-Ventilsteuerung die Bewegung des Preßkolbens (8) gegenüber der Bewegung des Multiplikator Kolbens innerhalb optimal kurzer Zeiten von $t \leq 0,5$ ms derart aufeinander abgestimmt ist, daß optimale Nachdruckwerte in der dritten Arbeitsphase erzielbar sind.
 7. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Preßkolben (8) und/oder der Multiplikator Kolben (17) während seiner Bewegung ständig zwischen zwei Druckpolstern "eingespannt" ist, wobei vorzugsweise die beidseitigen Druckpolster der Druckräume (10, 11) bzw. (18, 19) und damit die Bewegungen der Kolben (8, 17) mittels einer Servo-Proportional-Ventilsteuerung der Ventile (33) bis (36) innerhalb einer Regelzeit von vorzugsweise $t \leq 5$ ms regelbar sind.
 8. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Preßkolben (8) und/oder der Multiplikator Kolben (17) innerhalb einer Zeitspanne $t \leq 5$ ms in seiner Geschwindigkeit veränderbar ist.
 9. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis der Kolbenfläche $A_{2,1}$ der vorderen Kolbenstange (20) zur Kolbenfläche $A_{2,2}$ der hinteren Kolbenstange (21) derart bemessen ist, daß bei der Vorwärtsbewegung des Multiplikator Kolbens (17) die Menge m_1 des zur hinteren Kolbenstange (21) zufließenden Druckmediums zur Menge m_2 des bei der vorderen Kolbenstange (20) im Druckraum (11) verdrängten Druckmediums ein Verhältnis aufweist von $m_1 : m_2 = 0,8$ bis $1,2 : 1$.
 10. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die wirksame Druckfläche A_1 des Preßkolbens (8) im Druckraum (11) zur Flächendifferenz der Multiplikator Kreisringfläche A_2 im Ringraum (19) zuzüglich der wirksamen Druckfläche $A_{2,2}$ der hinteren Kolbenstange (21) im Druckraum (22) ein Verhältnis aufweist von $A_1 : (A_2 + A_{2,2}) = 1 : (2,5 \text{ bis } 4)$.
 11. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, mit einer Gießgarnitur (2), einem nachgeschalteten Gießantrieb (1), bestehend aus einem Preßzylinder (7) mit Preßkolben (8) und einer Multiplikatoreinrichtung (15) mit Multiplikator Kolben (17), wobei der Gießantrieb als Zweikreis-Gießaggregat ausgebildet ist, dadurch gekennzeichnet, daß eine Ventilsteuerung für den Zweikreis-Gießantrieb vorgesehen ist, die aus schnell regelbaren Servo-Proportional-Ventilen (33 bis 36) mit einer Regelzeit $t \leq 5$ ms besteht, wobei wenigstens der Zu- bzw. Ablauf des Preßzylinders (7) sowie der Zu- bzw. Ablauf der Multiplikatoreinrichtung (15) mit schnell regelbaren Servo-Proportional-Ventilen (33, 34) versehen ist und wobei die gesamten Bewegungen der Gießkolbenstange (6) und des Multiplikator Kolbens (17) über Weg/Geschwindigkeits-Meßeinrichtungen (30, 31) erfaßbar sind und wobei ein Rechner zur Steuerung bzw. Regelung der Servo-Proportional-Ventile in Abhängigkeit der Bewegungen der Gießkolbenstange (6) und des Multiplikator Kolbens (17) vorgesehen ist.
 12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Multiplikatoreinrichtung (15) mit einem Multiplikator Kolben (17) und einer hiermit verbundenen vorderen Kolbenstange (20) und einer hinteren Kolbenstange (21) sowie einer zentralen Längsbohrung (24) mit Rückschlagventil (25)

vorgesehen ist, wobei der vordere Druckraum (18) und der hintere Druckraum (19) zur Einspannung des Multiplikatorkolbens (17) mittels Servo-Proportional-Ventilen (34, 35) regelbar ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß der hinter der hinteren Kolbenstange (21) des Multiplikatorkolbens liegende Druckraum (22) mittels einer Servo-Proportional-Ventilsteuerung (36) als Druckraum regelbar ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck in den Druckräumen (10, 11) bzw. (18, 19) zur "Einspannung" des Preßkolbens (8) bzw. des Multiplikatorkolbens (17) mittels Meßwertumformern (44, 45 usw.) erfassbar und als Ist-Wert dem Rechner (41) zuführbar ist.

Claims

1. Method for controlling the process of a die casting machine, with a casting chamber (3) for the molten metal (4) and a casting piston (5), with a pressing cylinder (7) following the casting chamber (3), with a pressing piston (8) for driving the casting piston (5) and with a multiplier device (15) following the pressing cylinder (7), with a multiplier piston (17) guided therein, the casting drive (1) being constructed as a two-circuit casting unit and a pressure medium acting by means of a first valve control mechanism (36) directly on the pressing piston (8) and by means of a further valve control mechanism (34) on the multiplier piston (17), characterised in that the two-circuit casting drive is controlled by means of quickly adjustable servo-proportional valves (33 to 36) (continuous valves), the control taking place by means of at least one servo-proportional valve (33, 34) located in the inlet or outlet (14) to the pressure chamber (10) in front of the pressing piston (8) as well as in the inlet or outlet (28) of the pressure chamber (19) behind the multiplier piston (17), that the entire movements of the pressing piston (8) and thus of the casting piston (5) as well as the movements of the multiplier piston (17) are ascertained by way of distance/speed measuring devices (30, 31) as well as the pressures in the pressure chambers of the pressing cylinder (7) and/or multiplier device (15), that the control or regulation of the servo-proportional valves (33, 34) takes place depending on each other and depending on the movements of the pressing piston (8) or of the multiplier piston (17) as well as on the pressures and possibly further casting parameters in the moulding cavity by means of a computer (41), so that the current injection process during the pre-filling phase and/or the mould-filling phase and/or the subsequent pressure phase takes place by a controlled movement of the pressing piston (8) in conjunction with the movement of the multiplier pis-

ton (17) at the required reference values.

2. Method according to Claim 1, characterised in that the multiplier device (15) comprises a multiplier piston (17) with an effective rear pressing surface A_2 in the shape of a circular ring, in a closed multiplier cylinder housing (16), in which case a first front piston rod (20) of the multiplier piston (17) with an effective front pressure surface $A_{2,1}$ opens into the pressure chamber (11) of the pressing cylinder (7) and a second, rear piston rod (21) of the multiplier piston (17) with an effective pressure surface $A_{2,2}$ opens into a further, rear pressure chamber (22) and the multiplier piston (17) with its two piston rods (20, 21) comprising a common longitudinal axis, having a longitudinal bore (24) with a non-return valve (25).

3. Method according to Claim 1 or 2, characterised in that provided in the inlet or outlet of the pressure chamber (18) located in front of the multiplier piston (17) is a further rapidly adjustable servo-proportional valve (35) and/or provided in the inlet or outlet of the rear pressure chamber (22) for the rear piston rod (21) is a further rapidly adjustable servo-proportional valve (36).

4. Method according to one of Claims 1 to 3, characterised in that by means of the servo-proportional valve control arrangement on the pressing cylinder (7) and on the multiplier device (15), at the end of the mould-filling phase, a deceleration of the pressing piston (8) by a counter pressure actuation of the pressing piston (8) takes place in the pressure chamber (10), in order to minimize pressure peaks in the casting mould.

5. Method according to one of Claims 1 to 4, characterised in that by means of the servo-proportional valve control arrangement on the multiplier device (15), a deceleration or a reverse control of the multiplier piston (17) takes place, in order to minimize pressure peaks in the casting mould.

6. Method according to one or more of the preceding Claims, characterised in that by means of the servo-proportional valve control arrangement, the movement of the pressing piston (8) with respect to the movement of the multiplier piston is coordinated within optimum short times of $t \leq 0.5$ ms with each other so that optimum subsequent pressure values can be achieved in the third working phase.

7. Method according to one or more of the preceding Claims, characterised in that the pressing piston (8) and/or the multiplier piston (17) is "clamped" during its movement constantly between two pressure cushions, in which case preferably the bilateral pressure cushions of the pressure chambers (10,

11) or (18, 19) and thus the movements of the pistons (8, 17) being adjustable by means of a servo-proportional valve control arrangement of the valves (33 to 36) within a regulating time of preferably $t \leq 5$ ms.

8. Method according to one or more of the preceding Claims, characterised in that the pressing piston (8) and/or the multiplier piston (17) is variable in its speed within a time interval of $t \leq 5$ ms.

9. Method according to Claim 2, characterised in that the ratio of the piston surface $A_{2,1}$ of the front piston rod (20) to the piston surface $A_{2,2}$ of the rear piston rod (21) is measured such that at the time of the forwards movement of the multiplier piston (17), the quantity m_1 of the pressure medium flowing towards the rear piston rod (21) with respect to the quantity m_2 of the pressure medium compressed in the pressure chamber (11) at the front piston rod (20) has a ratio of $m_1:m_2 = 0.8$ to $1.2:1$.

10. Method according to one or more of the preceding Claims, characterised in that the effective pressure surface A_1 of the pressing piston (8) in the pressure chamber (11) with respect to the surface difference of the multiplier circular ring surface A_2 in the annular chamber (19) plus the effective pressure surface $A_{2,2}$ of the rear piston rod (21) in the pressure chamber (22) has a ratio of $A_1:(A_2 + A_{2,2}) = 1:(2.5$ to $4)$.

11. Apparatus for carrying out the method according to one or more of the preceding Claims, with a casting lining (2), a subsequent casting drive (1), consisting of a pressing cylinder (7) with pressing piston (8) and a multiplier device (15) with multiplier piston (17), the casting drive being constructed as a two-circuit casting unit, characterised in that a valve control arrangement for the two-circuit casting drive is provided, which consists of rapidly adjustable servo-proportional valves (33 to 36) with an adjusting time $t \leq 5$ ms, in which case at least the inlet or outlet of the pressing cylinder (7) as well as the inlet or outlet of the multiplier device (15) is provided with rapidly adjustable servo-proportional valves (33, 34) and in which case the entire movements of the casting piston rod (6) and of the multiplier piston (17) can be monitored by way of distance/speed measuring devices (30, 31), and a computer being provided for controlling or regulating the servo-proportional valves depending on the movements of the casting piston rod (6) and of the multiplier piston (17).

12. Apparatus according to Claim 11, characterised in that the multiplier device (15) is provided with a multiplier piston (17) and a front piston rod (20) connected thereto and a rear piston rod (21) as well as

a central longitudinal bore (24) with a non-return valve (25), the front pressure chamber (18) and the rear pressure chamber (19) being adjustable by means of servo-proportional valves (34, 35) for clamping the multiplier piston (17).

13. Apparatus according to Claim 10 or 11, characterised in that the pressure chamber (22) lying behind the rear piston rod (21) of the multiplier piston can be regulated by means of a servo-proportional valve control arrangement (36) as a pressure chamber.

14. Apparatus according to Claim 10 or 11, characterised in that the pressure in the pressure chambers (10, 11) or (18, 19) for "clamping" the pressing piston (8) or the multiplier piston (17) can be monitored by means of signal modulators (44, 45 etc.) and can be supplied as an actual value to the computer (41).

Revendications

1. Procédé pour commande de processus d'une machine de coulée sous pression, comportant une chambre de coulée (3) pour le métal en fusion (4) et un piston de coulée (5), un vérin de pressage (7), disposé en aval de la chambre de coulée (3), comportant un piston de pressage (8) pour l'entraînement du piston de coulée (5) et un dispositif multiplicateur (15) disposé en aval du vérin de pressage (7) avec un piston multiplicateur (17) guidé dans celui-ci, l'entraînement de coulée (1) étant réalisé comme appareil de coulée à deux circuits et un fluide sous pression agissant, au moyen d'une première commande à valve (36), directement sur le piston de pressage (8) et, au moyen d'une autre commande à valve (34), sur le piston multiplicateur (17), caractérisé en ce que l'entraînement de coulée à deux circuits est commandé au moyen de servovalves proportionnelles (33 à 36) (valves continues) rapidement réglables, la commande étant effectuée au moyen d'à chaque fois une servovalve proportionnelle (33,34) agencée dans l'alimentation ou l'évacuation (14) vers l'espace de pression (10) devant le piston de pressage (8) ainsi que dans l'alimentation ou l'évacuation (28) de l'espace de pression (19) derrière le piston multiplicateur (17), en ce que tous les mouvements du piston de pressage (8) et, ainsi, du piston de coulée (5), ainsi que les mouvements du piston multiplicateur (17), sont détectés par l'intermédiaire de moyens de mesure de vitesse/déplacement (30,31) ainsi que les pressions dans les espaces de pression du vérin de pressage (7) et/ou du dispositif multiplicateur (15), en ce que la commande ou le réglage des servovalves proportionnelles (33,34) est effectué de façon dépendant l'une de l'autre et de façon dépendant des mouvements du piston de pressage (8) ou du

- piston multiplicateur (17) ainsi que des pressions et, le cas échéant, d'autres paramètres de coulée dans la cavité de moulage au moyen d'un calculateur (41), de sorte que le processus d'injection continu se déroule pendant la phase de préremplissage et/ou la phase de remplissage de moule et/ou la phase de maintien en pression par un mouvement commandé du piston de pressage (8) en relation avec le mouvement du piston multiplicateur (17) pour des valeurs de consigne exigées.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le dispositif multiplicateur (15) présente un piston multiplicateur (17) comportant une surface de pression A_2 en forme de couronne, arrière, efficace dans un carter de vérin multiplicateur fermé (16), une première tige de piston avant (20) du piston multiplicateur (17) avec une surface de pression avant efficace $A_{2,1}$ débouchant dans l'espace de pression (11) du vérin de pressage (7) et une seconde tige de piston arrière (21) du piston multiplicateur (17) comportant une surface de pression efficace $A_{2,2}$ débouchant dans un autre espace de pression arrière (22), et le piston multiplicateur (17) présentant, avec ses deux tiges de piston (20,21) présentant un axe longitudinal commun, un perçage longitudinal (24) avec une soupape anti-retour (25).
 3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que, dans l'alimentation ou l'évacuation de l'espace de pression (18) agencé devant le piston multiplicateur (17), il est prévu une autre servovalve proportionnelle rapidement réglable (35) et/ou, dans l'alimentation ou l'évacuation de l'espace de pression arrière (22) pour la tige de piston arrière (21), une autre servovalve proportionnelle rapidement réglable (36).
 4. Procédé selon une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'un freinage du piston de pressage (8) est effectué par une alimentation de contrepression du piston de pressage (8) dans l'espace de pression (10), au moyen de la commande de servovalve proportionnelle sur le vérin de pressage (7) et sur le dispositif multiplicateur (15) à la fin de la phase de remplissage du moule, pour minimiser des pointes de pression dans le moule de coulée.
 5. Procédé selon une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'un freinage ou une commande en arrière du piston multiplicateur (17) est effectué au moyen de la commande de servovalve proportionnelle sur le dispositif multiplicateur (15), pour minimiser des pointes de pression dans le moule de coulée.
 6. Procédé selon une ou plusieurs des revendications précédentes, caractérisé en ce que, au moyen de la commande de servovalve proportionnelle, le mouvement du piston de pressage (8) est accordé par rapport au mouvement du piston multiplicateur à l'intérieur de temps courts optimaux de $t \leq 0,5$ ms de sorte que les valeurs de maintien en pression optimales peuvent être atteintes dans la troisième phase de travail.
 7. Procédé selon une ou plusieurs des revendications précédentes, caractérisé en ce que le piston de pressage (8) et/ou le piston multiplicateur (17) sont "serrés" pendant leur mouvement, de façon continue, entre deux coussins de pression, les coussins de pression bilatéraux des espaces de pression (10,11) ou (18,19) et, ainsi, les mouvements des pistons (8,17) étant avantageusement réglables au moyen d'une commande de servovalve proportionnelle des valves (33 à 36) à l'intérieur d'un temps de réglage d'avantageusement $t \leq 5$ ms.
 8. Procédé selon une ou plusieurs des revendications précédentes, caractérisé en ce que le piston de pressage (8) et/ou le piston multiplicateur (17) présentent des vitesses modifiables à l'intérieur de l'intervalle de temps $t \leq 5$ ms.
 9. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que le rapport de la surface de piston $A_{2,1}$ de la tige de piston avant (20) à la surface de piston $A_{2,2}$ de la tige de piston arrière (21) est tel que, lors de l'avance du piston multiplicateur (17), la quantité m_1 du fluide sous pression s'écoulant vers la tige de piston arrière (21) présente, par rapport à la quantité m_2 du fluide sous pression déplacé dans l'espace de pression (11) pour la tige de piston avant (20), un rapport de $m_1 : m_2 = 0,8$ à $1,2 : 1$.
 10. Procédé selon une ou plusieurs des revendications précédentes, caractérisé en ce que la surface de pression efficace A_1 du piston de pressage (8) dans l'espace de pression (11) par rapport à la différence de surface de la surface en forme de couronne du multiplicateur A_2 dans l'espace annulaire (19) plus la surface de pression efficace $A_{2,2}$ de la tige de piston arrière (21) dans l'espace de pression (22) présente un rapport de $A_1 : (A_2 + A_{2,2}) = 1 : (2,5 \text{ à } 4)$.
 11. Dispositif pour mettre en oeuvre le procédé selon une ou plusieurs des revendications précédentes, comportant une garniture de coulée (2), un entraînement de coulée (1) disposé en aval, constitué d'un vérin de pressage (7) ayant un piston de pres-

sage (8) et d'un dispositif multiplicateur (15) ayant un piston multiplicateur (17), l'entraînement de coulée étant réalisé comme appareil de coulée à deux circuits,

caractérisé en ce qu'il est prévu une commande à valve pour l'entraînement de coulée à deux circuits, qui est constituée de servovalves proportionnelles rapidement réglables (33 à 36) avec un temps de réglage $t \leq 5$ ms, au moins l'alimentation ou l'évacuation du vérin de pressage (7) ainsi que l'alimentation ou l'évacuation du dispositif multiplicateur (15) étant muni de servovalves proportionnelles rapidement réglables (33,34), et tous les mouvements de la tige de piston de coulée (6) et du piston multiplicateur (17) pouvant être détectés par des dispositifs de mesure de vitesse/course (30,31) et un calculateur étant prévu pour la commande ou la régulation des servovalves proportionnelles de façon dépendant des mouvements de la tige de piston de coulée (6) et du piston multiplicateur (17).

12. Dispositif selon la revendication 11, caractérisé en ce que le dispositif multiplicateur (15) est muni d'un piston multiplicateur (17) et d'une tige de piston avant (20) reliée à celui-ci et d'une tige de piston arrière (21), ainsi que d'un perçage longitudinal central (24) ayant une vanne anti-retour (25), l'espace de pression avant (18) et l'espace de pression arrière (19) étant réglables pour serrer le piston multiplicateur (17) au moyen des servovalves proportionnelles (34,35).
13. Dispositif selon la revendication 10 ou 11, caractérisé en ce que l'espace de pression (22) se trouvant derrière la tige de piston arrière (21) du piston multiplicateur est réglable comme espace de pression au moyen d'une commande de servovalve proportionnelle (36).
14. Dispositif selon la revendication 10 ou 11, caractérisé en ce que la pression dans les espaces de pression (10,11) ou (18,19) pour "serrer" le piston de pressage (8) ou le piston multiplicateur (17) peut être détectée au moyen de convertisseurs de valeurs de mesure (44,45, et...) et être amenée au calculateur (41) comme valeur réelle.

50

55

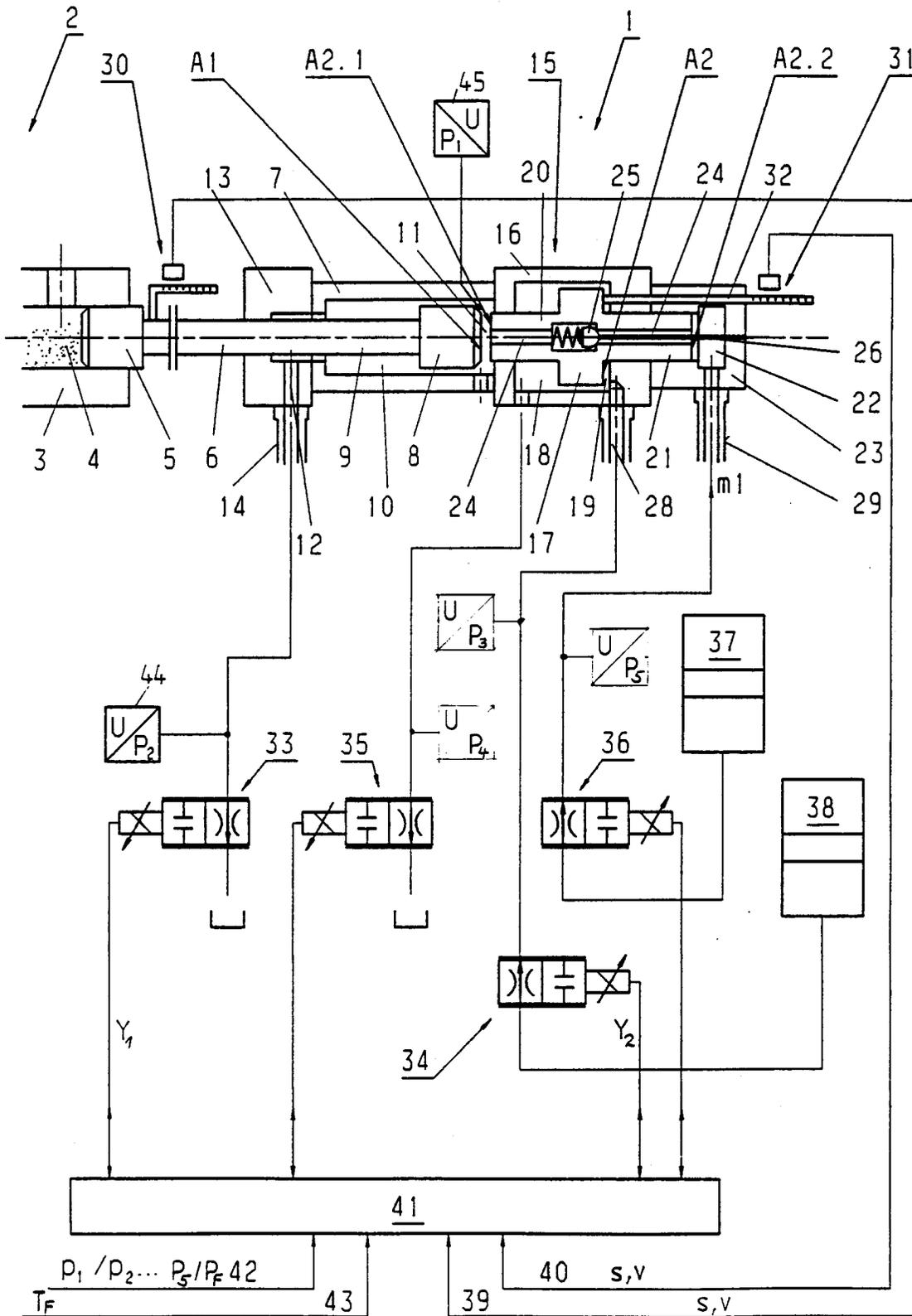


Fig. 1

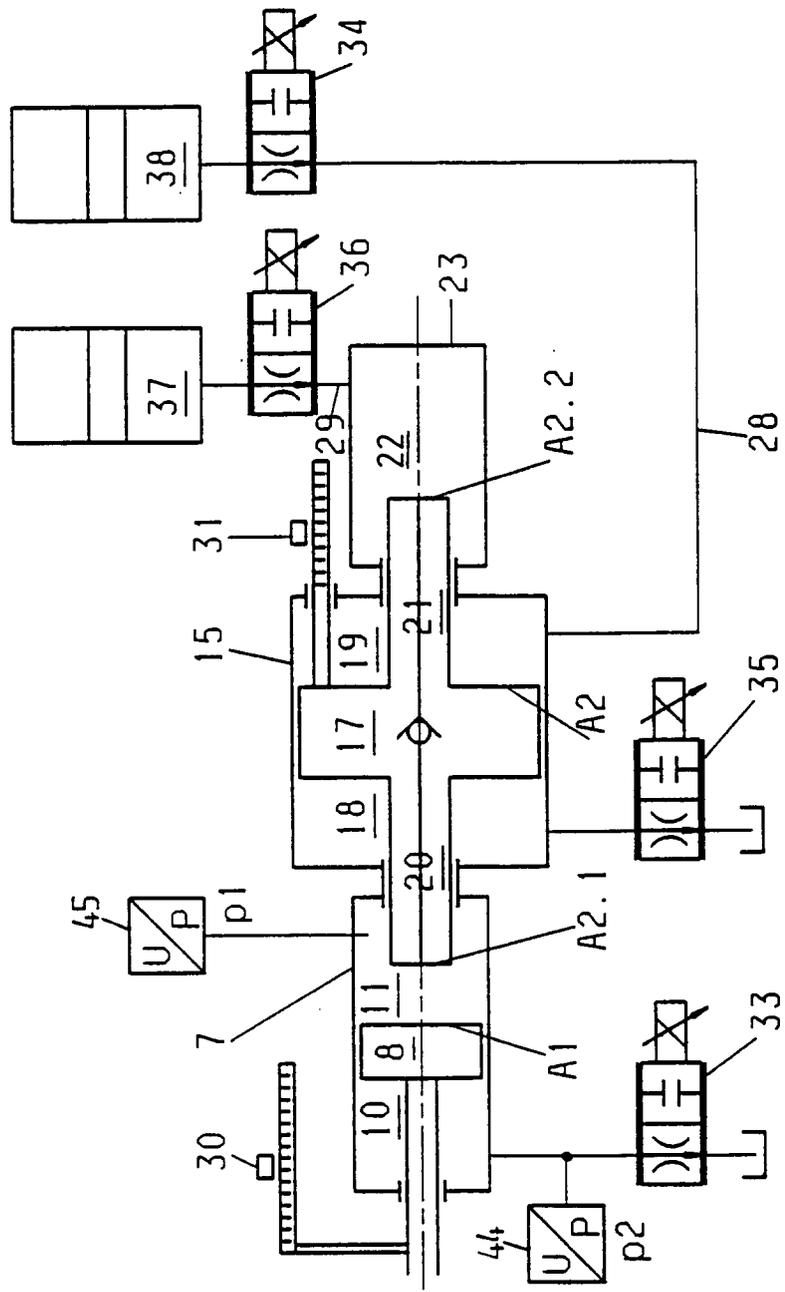


Fig. 2

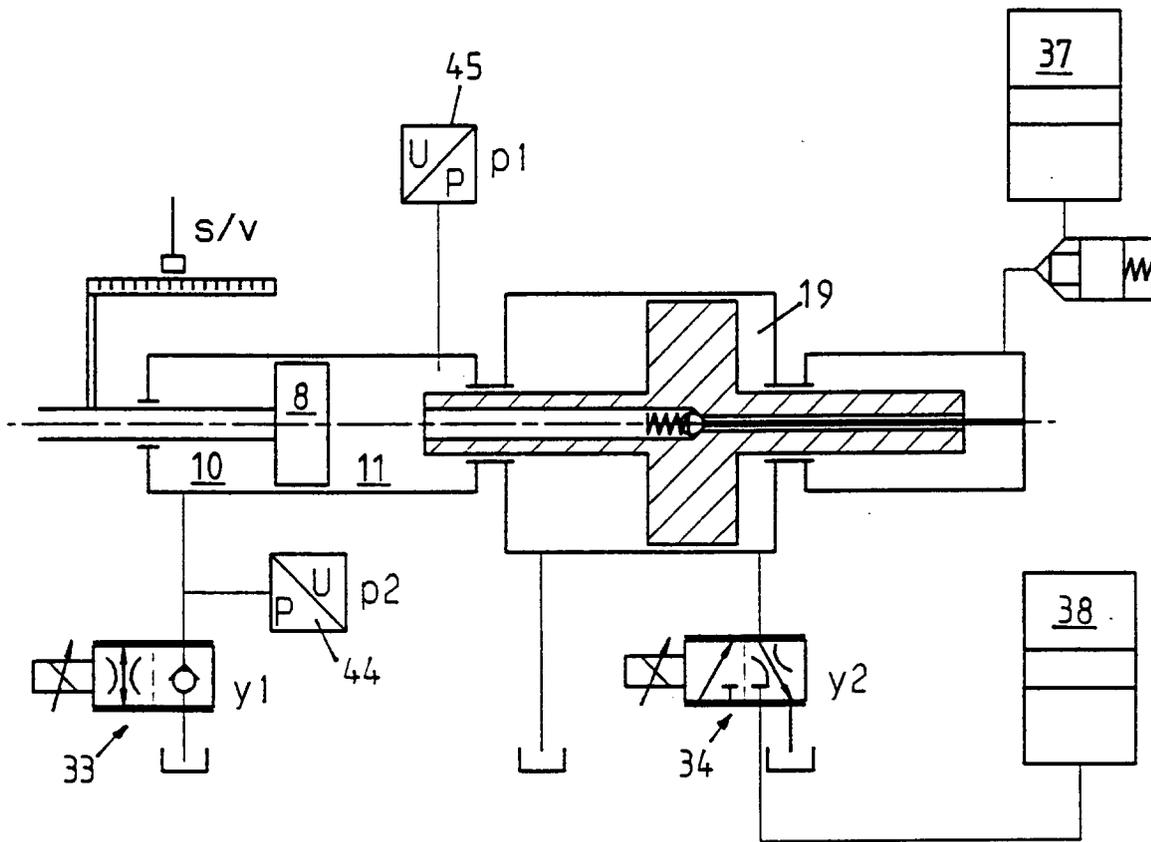


Fig. 3

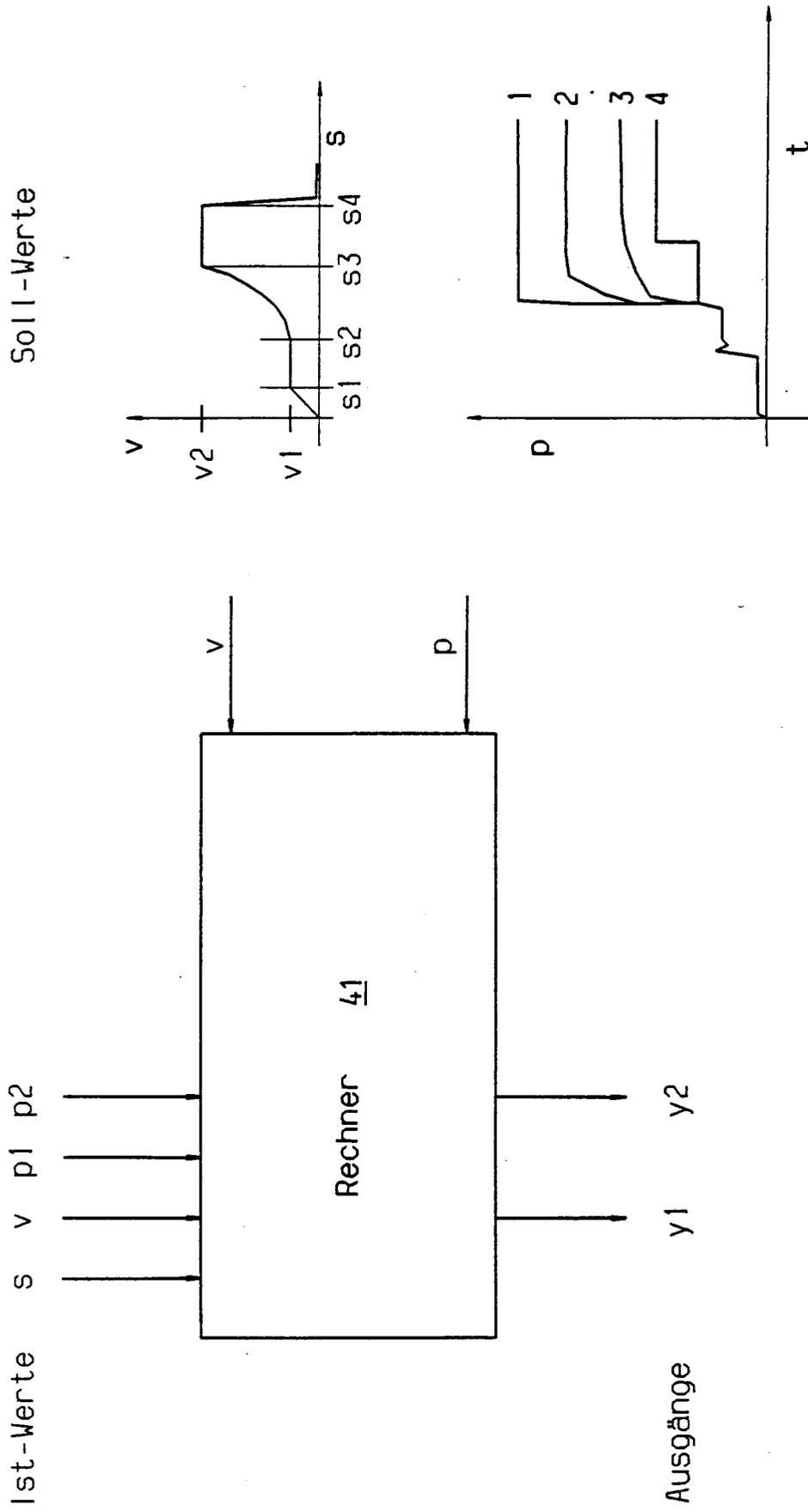


Fig. 4