

(19)



(11)

EP 2 804 709 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
22.08.2018 Patentblatt 2018/34

(51) Int Cl.:
B22D 17/32 ^(2006.01) **B22D 17/20** ^(2006.01)
B22D 17/10 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13701379.3**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2013/050377

(22) Anmeldetag: **10.01.2013**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2013/107682 (25.07.2013 Gazette 2013/30)

(54) **STEUERUNGSVORRICHTUNG FÜR GIESSKOLBENVORSCHUBBEWEGUNG**

CONTROL DEVICE FOR THE ADVANCING MOTION OF A CASTING PLUNGER

DISPOSITIF DE COMMANDE DU MOUVEMENT D'AVANCE D'UN PISTON D'INJECTION POUR MOULAGE

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

(30) Priorität: **16.01.2012 DE 102012200568**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
26.11.2014 Patentblatt 2014/48

(73) Patentinhaber: **Oskar Frech GmbH + Co. KG**
73614 Schorndorf (DE)

(72) Erfinder:
• **ERHARD, Norbert**
73547 Lorch (DE)
• **MAURER, Peter**
96047 Bamberg (DE)

(74) Vertreter: **Patentanwälte**
Ruff, Wilhelm, Beier, Dauster & Partner mbB
Kronenstraße 30
70174 Stuttgart (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 0 618 026 JP-A- 2002 283 034
JP-A- 2011 206 788

EP 2 804 709 B1

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

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Steuerung der Vorschubbewegung eines Gießkolbens in einer Gießkammer einer Kaltkammer-Druckgießmaschine mittels eines Stellsignals. Speziell befasst sich die Erfindung mit der Steuerung der Gießkolben-Vorschubbewegung während eines vorliegend als Kammerfüllungsbewegungsabschnitt bezeichneten Zeitraums von einer Teilfüllungsstellung des Gießkolbens mit teilgefülltem Gießkammer-Anfangsvolumen bis zu einer Vollfüllungsstellung des Gießkolbens mit gefülltem Gießkammer-Restvolumen.

[0002] Beim Kaltkammer-Druckgießen wird bekanntlich eine zu gießende Schmelze, typischerweise eine Schmelze einer Metalllegierung aus im Wesentlichen Aluminium und/oder Magnesium und/oder Zink, in eine horizontal angeordnete Gießkammer eingebracht und anschließend mit einem hydraulisch oder in anderer Weise angetriebenen Gießkolben in eine Gießform gefördert. Dieser Vorgang erfolgt zum Zweck der vielfachen Herstellung identischer Produkte zyklisch, wobei je Gießzyklus einmal Schmelze in die Gießform eingepresst wird. Dabei werden praktisch ausschließlich zylindrische Gießkammern mit kreisrundem Querschnitt eingesetzt. Das Einbringen der Schmelze in die Gießkammer kann auf unterschiedliche Weise unter atmosphärischem Druck, Über- oder Unterdruck erfolgen, z.B. durch Einfüllen über eine Einfüllöffnung der Gießkammer mittels eines Gießlöffels oder durch Ansaugen mittels Erzeugung eines Unterdrucks in der Gießkammer. Die in die Gießkammer eingebrachte Schmelzenmenge hängt vom jeweiligen Gießformvolumen, d.h. dem Volumen des zu gießenden Teils ab, so dass sich je nach Gießteil verschiedene Füllstände in der Gießkammer ergeben und nach dem Einbringen der Schmelze ein gewisses darüberliegendes Luftvolumen im horizontal angeordneten Gießkammerzylinder verbleibt, solange sich der Gießkolben noch in einer Anfangsstellung auf einer gießformabgewandten, hinteren Seite des Gießkammerzylinders hinter einem Gießkammereinlass befindet. Der Begriff Luftvolumen umfasst dabei vorliegend allgemein auch den Fall, dass es sich um ein mit einem anderen Gas gefülltes bzw. evakuiertes oberes Teilvolumen der Gießkammer handelt.

[0003] In einer ersten Phase der Gießkolben-Vorschubbewegung wird der Gießkolben aus seiner Anfangsstellung, in welcher die Gießkammer wie erläutert teilbefüllt ist, bis zur Vollfüllungsstellung vorbewegt, in welcher das durch die Gießkolben-Vorschubbewegung sukzessiv reduzierte Gießkammervolumen gerade vollständig mit der eingefüllten Schmelze gefüllt ist. Daran schließt sich der vorliegend nicht weiter interessierende Einpressvorgang an, durch den die Schmelze aus der Gießkammer über einen gießformzugewandten Gießkammerauslass an einer vorderen Seite des Gießkammerzylinders und den anschließenden sogenannten Gießlauf in die Gießform gepresst wird. Während des

anfänglichen Kammerfüllungsbewegungsabschnitts ergibt sich die Problematik unerwünschter Luft-/Gaseinschlüsse in der Schmelze bei ungünstigem Verlauf der Kolbenvorschubbewegung. Derartige Luft-/Gaseinschlüsse in der Schmelze können zu erhöhter Porosität und damit je nach Verwendung bzw. weiterer Bearbeitung des Gießteils zu unbefriedigender Qualität des Gießteils führen.

[0004] Dafür sind vor allem zwei Effekte verantwortlich, wie sie zur Illustration in je drei Teilbildern mit einem in einem horizontal angeordneten Gießkammerzylinder 1 sukzessiv vorbewegten Gießkolben 2 in Fig. 1 bzw. Fig. 2 veranschaulicht sind, wobei anfänglich gemäß des jeweils obersten Teilbildes die Gießkammer 1 mit einem Schmelzenmaterial 3 teilbefüllt ist und sich der Gießkolben 2 auf einer gießformabgewandten, hinteren Seite 1a der Gießkammer 1 hinter einem Gießkammereinlass 4 befindet. Fig. 1 zeigt das Entstehen eines Wellenüberwurfs 5, d.h. einer sich überschlagenden Welle, der vom Gießkolben 2 in der Gießkammer 1 nach vorn, d.h. in Richtung einer gießformzugewandten, vorderen Seite 1b der Gießkammer 1, gedrückten Schmelze 3. Fig. 2 veranschaulicht den Effekt einer vorzeitigen Wellenablösung vom Gießkolben 2 und/oder vorzeitigen Wellenreflexion an einem gießformzugewandten Stirnende 1c der Gießkammer 1, d.h. bei dieser ungünstigen Steuerung der Kolbenvorschubbewegung beginnt eine Schmelzwelle 6 vom Kolben 2 weg nach vorn zu wandern. Wenn diese Welle 6 die Gießkammerdecke unmittelbar oder auch nach Reflexion erreicht, schnürt sie ein Luft-/Gasvolumen 7 am Gießkolben 2 von einem vorn liegenden Gießkammerauslass 8 ab, wie im unteren Teilbild von Fig. 2 gezeigt. Beide Effekte führen zu erhöhten Luft-/Gaseinschlüssen, wie im untersten Teilbild von Fig. 1 für den Fall des Wellenüberschlags schematisch als Bläschen 9 symbolisiert.

[0005] Der Erfindung liegt als technisches Problem die Bereitstellung einer Vorrichtung der eingangs genannten Art zugrunde, mit der sich die Vorschubbewegung des Gießkolbens speziell im Kammerfüllungsbewegungsabschnitt derart steuern lässt, dass die Menge an Luft-/Gaseinschlüssen in der Schmelze reduziert oder minimiert werden kann, was typischerweise zu verminderter Porosität im fertigen Gießteil führt.

[0006] Die Erfindung löst dieses Problem durch die Bereitstellung einer Steuerungsvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

[0007] In der erfindungsgemäßen Steuerungsvorrichtung wird für unterschiedliche vorgegebene Sätze von Werten einer Mehrzahl von die Schmelzenbewegung in der Gießkammer während des Kammerfüllungsbewegungsabschnitts beeinflussenden Prozessparametern, vorliegend auch kurz als Parameter bezeichnet, je ein zugehöriger Verlauf eines Stellsignals bereitgestellt, mit dem sie die Vorschubbewegung des Gießkolbens während des Kammerfüllungsbewegungsabschnitts von einer anfänglichen Teilfüllungsstellung mit teilgefülltem Gießkammer-Anfangsvolumen bis zur Vollfüllungsstel-

lung mit gefülltem Gießkammer-Restvolumen steuert. Dabei handelt es sich bei den bereitgestellten Stellsignalverläufen um solche, von denen festgelegt ist, dass je einer von ihnen am besten für den betreffenden Parameterwertesatz passt. Unter "bestpassend" ist hierbei zu verstehen, dass der dem betreffenden Parameterwertesatz zugeordnete Stellsignalverlauf zu demjenigen Verlauf der Kolbenvorschubbewegung führt, welcher in der durch den betreffenden Parameterwertesatz beschriebenen, aktuellen Situation besser als alle anderen betrachteten Verläufe der Kolbenvorschubbewegung die erwähnten unerwünschten Effekte von Wellenüberschlag und Luftvolumenabschnürung reduziert bzw. vermeidet. Neben diesem primären Gütekriterium erfolgt die Festlegung als "bestpassend" natürlich auch unter Berücksichtigung üblicher, für den Gießprozess relevanter Kriterien, wie ein möglichst geringer Zeitbedarf für den Gießzyklus und somit für die Kolbenvorschubbewegung. Durch die Wahl dieses bestpassenden Stellsignalverlaufs kann folglich der Luft-/Gaseintrag in die Schmelze und somit die Porosität im Gießteil für jeden Gießzyklus möglichst gering gehalten werden, ohne den Gießzyklus gegenüber herkömmlichen Gießprozesssteuerungen merklich zu verlangsamen.

[0008] Die erfindungsgemäße Steuerungsvorrichtung ist entsprechend dafür eingerichtet, in Abhängigkeit von zu Beginn eines Gießzyklus vorliegenden Werten der Prozessparameter diesen bestpassenden Stellsignalverlauf anzuwenden. Dazu kann vorzugsweise vorgesehen sein, dass die möglichen bestpassenden Stellsignalverläufe für verschiedene vorgegebene Sätze von Werten der berücksichtigten Parameter vorab, d.h. vor der Laufzeit des Gießprozesses bzw. Gießzyklus, ermittelt und in der Steuerungsvorrichtung abgespeichert werden. Die Steuerungsvorrichtung wählt dann für jeden Gießzyklus den zum aktuellen Parameterwertesatz bestpassenden Stellsignalverlauf zur Steuerung der Gießkolben-Vorschubbewegung während des Kammerfüllungsabschnitts aus. Diese Vorab-Ermittlung verschiedener Verläufe der Kolbenvorschubbewegung, d.h. verschiedener Verläufe des diesbezüglichen Stellsignals, kann empirisch am realen Objekt oder vorzugsweise systematisch und damit deterministisch anhand entsprechender Computersimulationen mit geeigneten Rechenmodellen erfolgen. Letzteres ermöglicht die Durchführung einer vergleichsweise großen Anzahl an "Versuchen" mit variierenden Werten der relevanten Prozessparameter. Wenn die Simulation vor der Laufzeit des Gießprozesses durchgeführt wird, ist die Rechenzeit nicht auf die typische Gießzyklusdauer beschränkt, was die Verwendung eines relativ rechenintensiven Modells erlaubt, das die Schmelzenströmungsverhältnisse in der Gießkammer während der Kolbenvorschubbewegung vergleichsweise gut beschreibt. Bei dem simulierten Modellsystem kann es sich insbesondere auch um ein simuliertes Regelkreissystem mit einem Regler handeln, der rechnerisch erfasste Abweichungen von einer gewünschten Schmelzenflusscharakteristik mit entspre-

chenden Reglereingriffen auszuregulieren versucht. Auf diese Weise kann ein für die jeweilige Anfangsbedingung, wie sie durch den aktuell herangezogenen Parameterwertesatz beschrieben wird, bestpassender Stellsignalverlauf sehr genau mittels modellgestützter Regelkreissimulation ermittelt werden. Alternativ kann eine direkte Ermittlung des bereitgestellten Stellsignalverlaufs während der Laufzeit des Gießprozesses vorgesehen sein.

[0009] Die Mehrzahl von die Schmelzenbewegung in der Gießkammer während des Kammerfüllungsabschnitts beeinflussenden Prozessparametern umfasst wenigstens einen die Gießkammergeometrie betreffenden Parameter, wenigstens einen die Füllmenge an Schmelzenmaterial in der Gießkammer betreffenden Parameter, wenigstens einen die Gießform betreffenden Parameter und/oder wenigstens einen die Gießkammer- und/oder die Schmelzentemperatur betreffenden Parameter. Es zeigt sich, dass sich unter Berücksichtigung eines oder mehrerer dieser Parameter bereits sehr brauchbare Stellsignalverläufe für die Kolbenvorschubbewegung gewinnen lassen, welche die unerwünschten Effekte bzgl. Wellenüberschlag bzw. vorzeitiger Wellenablösung/Wellenreflexion weitestgehend vermeiden. Je nach Anwendungsfall können ein oder mehrere weitere Parameter berücksichtigt werden. Jeder Parameter ist hierbei vorliegend so zu verstehen, dass er je nach Anwendungsfall aktuelle Werte und/oder aus einem oder mehreren vorangegangenen Gießzyklen stammende Werte und/oder aus solchen Werten kombiniert ermittelte Werte beinhalten kann, wobei es sich jeweils um messtechnisch oder rechnerisch gewonnene Werte handeln kann.

[0010] In einer Weiterbildung der Erfindung umfasst die Mehrzahl von Prozessparametern spezieller wenigstens einen Gießkammerlängen-Parameter, wenigstens einen Gießkammerhöhen-Parameter, wenigstens einen Gießkammerfüllgrad-Parameter, wenigstens einen Schmelzentemperatur-Parameter, wenigstens einen Gießkammertemperatur-Parameter und/oder wenigstens einen Schmelzenviskositäts-Parameter und je nach Anwendungsfall optional einen oder mehrere weitere Parameter. Die Geometrieparameter beschreiben die räumlichen Randbedingungen für die Schmelzenbewegung in der Gießkammer, die Temperatur-/Viskositätsparameter beschreiben das Fließverhalten der Schmelze und ggf. auch etwaige Randschichtprobleme wie die sogenannte Randschichterstarrung der Schmelze an der Gießkammerinnenwand.

[0011] In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung sind die bereitgestellten Stellsignalverläufe in eine Mehrzahl von Typen mit einer unterschiedlichen Anzahl sukzessiver Verlaufsstufen gruppiert, wobei jede Stufe einen zugehörigen Schmelzenhöhenanstieg am Gießkolben repräsentiert. Hierbei zeigt sich, dass z.B. je nach Schmelzenfüllmenge und damit Füllgrad der Gießkammer ein ein- oder mehrstufiger Stellsignalverlauf günstig ist, wobei jede Stufe beinhaltet, den Schmelzenfüllstand am Kolben anfänglich um ein vorgebbares Maß

rascher anzuheben und dann im Wesentlichen konstant zu halten oder allenfalls langsamer zu ändern. Die Gruppierung aller möglichen Stellsignalverläufe in eine diskrete Menge von Verläufen mit unterschiedlicher Stufenanzahl hat zudem Vorteile hinsichtlich Speicherplatzbedarf zum Ablegen vorab ermittelter, bestpassender Stellsignalverläufe, hinsichtlich schnellem Zugriff auf die gespeicherten Daten zur Auswahl des jeweils bestpassenden Stellsignalverlaufs und hinsichtlich der entsprechend gestuften Vorschubgeschwindigkeit des Gießkolbens.

[0012] In weiterer Ausgestaltung dieses Aspektes der Erfindung ist jede Verlaufsstufe so festgelegt, dass sie eine anfänglich beschleunigte Gießkolbenbewegung gefolgt von einer Gießkolbenbewegung mit einem Geschwindigkeitsverlauf vorgibt, der aus einem vorab bestimmten Verlauf einer Höhe des Schmelzenmaterials am Gießkolben ermittelt wird. Typischerweise beinhaltet dieser vorab bestimmte weitere Verlauf der Schmelzenhöhe am Gießkolben, dass die Schmelzenhöhe, nachdem sie durch die anfängliche beschleunigte Kolbenvorschubbewegung relativ rasch auf ein höheres Niveau angehoben wurde, anschließend im Wesentlichen auf diesem neuen Niveau gehalten oder allenfalls deutlich langsamer weiter angehoben wird. Es zeigt sich, dass diese Anbindung der Kolbenvorschubbewegung an einen bestimmten zeitlichen Verlauf der Schmelzenhöhe am Gießkolben zu sehr guten bestpassenden Stellsignalverläufen für die Kolbenvorschubbewegung führen kann. Zudem bietet dies die optionale Möglichkeit, durch laufende sensorische Erfassung der Schmelzenhöhe am Gießkolben auch noch regelnd in den Vorgang der Kolbenvorschubbewegung einzugreifen.

[0013] In Weiterbildung der Erfindung sind die bereitgestellten Stellsignalverläufe von einem modellgestützten Regelkreissimulationssystem vor oder alternativ während einer Laufzeit der Gießkolben-Vorschubbewegung gewonnen, mit den dazu oben angedeuteten Vorteilen. Eine Vorabermittlung erlaubt den Einsatz größerer Rechnerkapazitäten und damit genauerer Rechenmodelle. Eine alternative Ermittlung direkt zur Laufzeit erlaubt die Berücksichtigung etwaiger aktueller Störeinflüsse eventuell noch während des jeweiligen Gießzyklus.

[0014] In weiterer Ausgestaltung dieses Aspektes der Erfindung ist das modellgestützte Simulationsregelkreissystem in die Steuerungsvorrichtung integriert. Es befindet sich dadurch am Einsatzort der Steuerungsvorrichtung, d.h. typischerweise am Ort der zugehörigen Gießmaschine, was besonders für die Fälle günstig ist, dass eine Ermittlung des bestpassenden Stellsignalverlaufs direkt zur Laufzeit des Gießprozesses vorgesehen ist oder es dem Gießmaschinenanwender ermöglicht werden soll, selbst vorab bestpassende Stellsignalverläufe durch modellgestützte Regelkreissimulation für das betreffende Gießmaschinensystem zu ermitteln.

[0015] Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung und die oben zu deren besserem Verständnis erläuterten

konventionellen Beispiele sind in den Zeichnungen dargestellt. Hierbei zeigen:

Fig. 1 schematische Längsschnittansichten einer Gießkammer einer Kaltkammer-Druckgießmaschine in drei aufeinanderfolgenden Vorschubstellungen eines konventionell gesteuerten Gießkolbens, wobei ein Wellenüberwurf auftritt,

Fig. 2 drei schematische Längsschnittansichten entsprechend Fig. 1 für einen Fall einer konventionellen Gießkolben-Vorschubsteuerung, bei der eine vorzeitige Wellenablösung und/oder Wellenreflexion auftritt,

Fig. 3 ein Blockdiagramm einer erfindungsgemäßen Steuerungsvorrichtung,

Fig. 4 ein Blockdiagramm einer vorteilhaften Realisierung für einen Stellsignaltypen-Speicher der Steuerungsvorrichtung von Fig. 3 und

Fig. 5 schematische Längsschnittansichten einer Gießkammer einer Kaltkammer-Druckgießmaschine in aufeinanderfolgenden Vorschubstellungen eines mit der erfindungsgemäßen Steuerungsvorrichtung vorbewegten Gießkolbens.

[0016] Nachfolgend werden vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung unter Bezugnahme auf die entsprechenden Figuren näher erläutert. Dabei sind in den Figuren zum leichteren Verständnis identische oder funktionell äquivalente Elemente mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

[0017] Die in Fig. 3 in Blockdiagrammform veranschaulichte Steuerungsvorrichtung dient zur Steuerung der Vorschubbewegung eines Gießkolbens einer Gießeinheit herkömmlicher Bauart für eine Kaltkammer-Druckgießmaschine. Eine solche herkömmliche Gießeinheit beinhaltet eine typischerweise zylindrische Gießkammer mit kreisrundem Querschnitt, die mit horizontaler Zylinderlängsachse in der Gießmaschine angeordnet ist. Die Gießkammer und der Gießkolben können insbesondere von der Bauart sein, wie sie oben zu den Fig. 1 und 2 erläutert ist. Bei dieser Bauart befindet sich an der hinteren Gießkammerseite 1a die oben liegende Einfüllöffnung 4, d.h. der Gießkammereinlass, über den z.B. mittels eines Gießlöffels das Schmelzenmaterial 3 in vorgegebener Dosiermenge in die Gießkammer 1 eingefüllt wird. In gleicher Weise eignet sich die Erfindung auch für alternative Bauarten der Gießeinheit, bei denen das Schmelzenmaterial mittels Unterdruck in die Gießkammer gesaugt oder mittels Überdruck in die Gießkammer gedrückt wird. An ihrer vorderen Seite 1b weist die Gießkammer 1 in ihrem oberen Bereich den Gießkammerauslass 8 auf. Beim Einpressvorgang wird durch Vorbewegen des Gießkolbens 2 das Schmelzenmaterial 3

über den Kammerauslass 8 und den anschließenden Gießlauf in die Gießform gedrückt, um dort das Gießteil zu bilden. Dabei bildet der oben erläuterte Kammerfüllungsbewegungsabschnitt einen ersten Abschnitt dieser Kolbenbewegung bis zu dem Zeitpunkt, zu dem das vom vorbewegten Gießkolben 2 sukzessiv reduzierte Restvolumen der Gießkammer 1 gerade im Wesentlichen dem Volumen an eingefülltem Schmelzenmaterial 3 entspricht, d.h. zu dem das Gießkammer-Restvolumen vollständig mit dem Schmelzenmaterial 3 befüllt ist und das zuvor zusätzlich in der Gießkammer 1 enthaltene Luft-/Gasvolumen über den Gießkammerauslass 8, den Gießlauf und hierfür vorgesehene Entlüftungsöffnungen in der Gießform praktisch vollständig aus der Gießkammer 1 abgeführt wurde. Wie bereits erwähnt, beinhaltet die Erfindung speziell eine charakteristische Auslegung der Steuerungsvorrichtung zur Kolbenvorschubbewegung in diesem anfänglichen Kammerfüllungsbewegungsabschnitt. Im übrigen kann die Steuerungsvorrichtung in einer beliebigen geeigneten Weise realisiert sein, wie es zur Gießkolbensteuerung bei Kaltkammer-Druckgießmaschinen an sich bekannt ist.

[0018] Wie in Fig. 3 dargestellt, weist die Steuerungsvorrichtung einen Datenspeicher 10 auf, in welchem eine Mehrzahl von möglichen Stellsignalverläufen abgespeichert ist. Für den jeweiligen Gießzyklus verwendet die Steuerungsvorrichtung einen dieser Stellsignalverläufe und steuert damit die Kolbenvorschubbewegung insbesondere im besagten Kammerfüllungsbewegungsabschnitt. Dieser Gießzyklus ist in Fig. 3 als ein realer Prozess 11 symbolisiert, der vom ausgewählten Stellsignal S gesteuert wird.

[0019] Die Steuerungsvorrichtung wählt das Stellsignal S als ein für den jeweils anstehenden Gießzyklus gemäß vorgegebenen Kriterien bestpassendes Stellsignal aus. Dazu ist in ihr eine entsprechende Auswahllogik 12 implementiert. Über eine Eingangsstufe 13 der Steuerungsvorrichtung wird der Auswahllogik 12 für den jeweiligen Gießzyklus ein Satz von Werten einer Anzahl m von vorgebbaren Prozessparametern $P_1, \dots, P_m$ zugeführt, der die Anfangsbedingungen des anstehenden Gießzyklus beschreibt, soweit diese für die Erzielung eines gewünschten, als günstig erkannten Verlaufs der Kolbenvorschubbewegung im Kammerfüllungsbewegungsabschnitt relevant sind. Insbesondere beinhaltet diese gewünschte, optimierte Steuerung des Kolbenvorschubs in diesem Abschnitt eine mindestens weitgehende Vermeidung der oben als ungünstig erläuterten Effekte der Schmelzenfließdynamik in der Gießkammer, die zu erhöhten Luft-/Gaseinschlüssen im Schmelzenmaterial führen, wie insbesondere die in den Fig. 1 und 2 illustrierten Effekte eines Wellenüberwurfs und einer vorzeitigen Wellenablösung bzw. Abschnürung eines kolbenseitigen Luft-/Gasvolumens.

[0020] Die jeweils als relevant berücksichtigten Prozessparameter P_i ($i = 1, \dots, m$) werden angepasst an den jeweiligen Anwendungsfall festgelegt und umfassen wenigstens einen Gießkammergeometrieparameter, we-

nigstens einen Füllmengenparameter, wenigstens einen Gießformparameter und/oder wenigstens einen Gießkammertemperatur- oder Schmelzentemperaturparameter. Typische Gießkammergeometrieparameter sind z.B. die Gießkammerlänge und die Gießkammerhöhe. Mit dem wenigstens einen Füllmengenparameter wird beschrieben, zu welchem Anteil das Gießkammervolumen anfangs mit dem Schmelzenmaterial befüllt ist. Konkret kann dies z.B. eine anfängliche Füllhöhe, ein Füllgrad als Verhältnis der anfänglichen Füllhöhe zur maximal möglichen Füllhöhe, d.h. dem Gießkammerdurchmesser, oder das erfasste Gewicht oder Volumen an in die Gießkammer eingebrachtem Schmelzenmaterial sein. Mit dem wenigstens einen Gießformparameter lässt sich der Einfluss der Gießform beschreiben, insbesondere deren minimale oder maximale Formentlüftungszeit, durch die festgelegt wird, wie lange der Vorgang der Luft-/Gasverdrängung in der Gießkammer mindestens bzw. maximal dauern soll bzw. darf. Die Temperatur- und/oder Viskositätsparameter beschreiben das Fließverhalten der Schmelze und ggf. auch Randschichteffekte, wie Randerstarrung bzw. Teilsolidifikation von Schmelzenmaterial an der Gießkammerinnenwand oder auch im Inneren der Schmelze.

[0021] Jeder solche Parameter kann je nach Bedarf aktuelle Werte und/oder aus einem oder mehreren vorausgegangenen Gießzyklen stammende Werte und/oder Kombinationen solcher aktueller und/oder früherer Werte umfassen. Bei den einzelnen Parameterwerten kann es sich um gemessene Werte und/oder um berechnete bzw. geschätzte Werte handeln. So kann z.B. der wenigstens eine Füllmengenparameter einen Schätzwert für den aktuellen Füllgrad und/oder einen oder mehrere gemessene oder berechnete Istwerte für den Füllgrad aus vergangenen Gießzyklen umfassen. So lässt sich zur Laufzeit des jeweiligen Gießzyklus je nach aktuellem Maschinenzustand und dessen Historie der aktuelle Anfangszustand, soweit er für die hier betrachtete Kolbenvorschubbewegung relevant ist, als m-dimensionaler Parameterraum ausreichend genau beschreiben und über die Eingangsstufe 13 als Eingangsinformation der Auswahllogik 12 zuführen.

[0022] Für die Bereitstellung der für unterschiedliche Ausgangssituationen bestpassenden Stellsignalverläufe, wie sie beim Ausführungsbeispiel von Fig. 3 im Speicher 10 abgelegt sind, gibt es mehrere Möglichkeiten, worauf nachstehend näher eingegangen wird.

[0023] Grundsätzlich kommen die beiden Alternativen in Betracht, das für den aktuellen Gießzyklus zu verwendende Stellsignal zur Kolbenbewegungssteuerung vor oder während der Laufzeit des Gießprozesses bereitzustellen. Nachstehend wird zuerst eine Implementierung für eine Bereitstellung vor der Laufzeit erläutert. In einer vorteilhaften Realisierung erfolgt die Gewinnung der bestpassenden Stellsignalverläufe, wie sie dann im Stellsignalspeicher 10 abgelegt werden, durch modellgestützte Computersimulation vor der Prozesslaufzeit. Diese Computersimulation enthält einen Modellregelkreis,

der ein einfaches Rechenmodell zur Vorsteuerungsermittlung und ein hochgenaues Rechenmodell für den realen Prozess sowie einen Modellregler umfasst. Zwar kommt alternativ zu einem solchen Modellregelkreis auch eine reine Vorsteuerung auf Basis eines einfachen Rechenmodells ohne Regler in Betracht, die Hinzunahme des Reglers ermöglicht jedoch die Erzielung einer höheren Genauigkeit bzw. besseren Approximation des realen Prozesses und die Verwendung eines relativ einfachen Modells für die Vorsteuerung. Der Modellregler ergänzt das von der Vorsteuerung gelieferte Steuersignal zum Stellsignal für das hochgenaue Rechenmodell in Abhängigkeit von einer Abweichung eines von der Vorsteuerung gelieferten Sollverlaufs und eines vom hochgenauen Rechenmodell gelieferten Istverlaufs einer oder mehrerer dazu herangezogener Prozessgrößen. Die sich für die verschiedenen betrachteten Anfangsbedingungen, repräsentiert durch die erwähnten Prozessparameter, ergebenden bestpassenden Stellsignale, wie sie aus dieser modellgestützten Regelkreissimulation erhalten werden, werden dann wie gesagt im Speicher 10 abgelegt und stehen der Steuerungsvorrichtung zur Laufzeit des Gießprozesses zur Verfügung.

[0024] Unter einem bestpassenden Stellsignalverlauf wird, wie bereits oben erwähnt, ein Stellsignalverlauf verstanden, durch den die damit gesteuerte Kolbenvorschubbewegung im Kammerfüllungsbewegungsabschnitt zu einem gemäß vorgegebenen Gütekriterien günstigsten Gießvorgang führt und insbesondere zu einem Verhalten des Schmelzefflusses in der Gießkammer führt, bei dem die oben erwähnten Effekte von Wellenüberwurf und Luft-/Gasabschnürung aufgrund vorzeitiger Wellenablösung und/oder Wellenreflexion ganz oder mindestens großteils vermieden werden, wobei andererseits der Gießzyklus und damit auch die Kolbenvorschubbewegung möglichst schnell ablaufen sollen. Als Grundlage des einfachen Modells für den Vorsteuerungsentwurf kommen geeignete modifizierte Flachwassergleichungen zur Beschreibung der Schmelzenfließdynamik in der Gießkammer in Betracht, wobei Fluidreflexionen am vorderen Gießkammerende und zudem in guter Näherung auch der üblicherweise kreisförmige Gießkammerquerschnitt berücksichtigt werden. Dabei kann auch die Gießkammerdecke als Höhenbeschränkung für die Schmelzenbewegung in den Vorsteuerungsentwurf einbezogen werden, ebenso bei Bedarf die Position der Einfüllöffnung der Gießkammer, um dort ein Austreten von Schmelze bei beginnender Gießkolbenbewegung sicher zu vermeiden.

[0025] Da in der hier betrachteten Variante die Simulation vor der Prozesslaufzeit ausgeführt wird, unterliegt die Simulationsrechnung nicht der unmittelbaren Zeitdauerbeschränkung des realen Gießzyklus. Dies erlaubt die Verwendung eines vergleichsweise genauen Rechenmodells, wodurch die Qualität der vorab ermittelten bestpassenden Stellsignalverläufe für den realen Prozess deutlich gesteigert werden kann.

[0026] Somit lassen sich durch diese Simulation vor

der Laufzeit unter Verwendung eines Modellregelkreises sehr genaue bestpassende Stellsignalverläufe ermitteln, die dann für den realen Prozess im Rahmen einer reinen Steuerung eingesetzt werden können. Eine echte Regelung des realen Prozesses ist alternativ grundsätzlich möglich, scheidet für den hier betrachteten Prozess der Gießkolbenvorschubbewegung in der Praxis jedoch meist aus, schon weil z.B. die Gewinnung und Rückführung der dazu notwendigen Regelgrößen-Istwerte nicht ausreichend schnell möglich bzw. zu aufwändig ist. Dies gilt insbesondere für Maschinen kleineren Typs, die so kurze Gießzykluszeiten besitzen, dass eine Erfassung und regeltechnische Verwertung der benötigten Messwerte aus heutiger Sicht nicht praktikabel ist.

[0027] Eine alternative Möglichkeit sieht eine entsprechende modellgestützte Regelkreissimulation zur Laufzeit des Gießprozesses vor, wobei dann das durch die Simulation gewonnene Stellsignal direkt zur Steuerung der Kolbenvorschubbewegung im realen Prozess herangezogen wird, was den Stellsignalspeicher erübrigt. Um die Simulation zur Laufzeit zu ermöglichen, sind das einfache Modell für die Vorsteuerung und das den realen Prozess abbildende hochgenaue Rechenmodell geeignet zu wählen, so dass die Simulationsberechnungen ausreichend schnell ablaufen können. Gegenüber einer Simulation vor der Laufzeit bedeutet dies die Verwendung höherer Rechenkapazitäten und/oder die Verwendung eines einfacheren Rechenmodells bzw. insgesamt eines einfacheren Regelkreismodells.

[0028] Das Ausführungsbeispiel von Fig. 3 bezieht sich, wie erwähnt, auf die Ausführungsvariante, bei welcher eine Vielzahl n von bestpassenden Stellsignalen für eine möglicherweise auch größere Anzahl von Sätzen der berücksichtigten Prozessparameter $P_1, \dots, P_m$ vorab z.B. durch die erwähnte modellgestützte Regelkreissimulation ermittelt und dann im Speicher 10 abgelegt worden ist. Wie aus den obigen Erläuterungen zu den Prozessparametern $P_1, \dots, P_m$ deutlich wird, gibt es solche Prozessparametersätze in einem entsprechend m -dimensionalen Parameterraum auch schon für den Fall, dass ein spezielles gleiches Gießteil in vielfachen sukzessiven Gießzyklen hergestellt wird, da jedenfalls ein Teil dieser Prozessparameter verfahrensbedingt von Gießzyklus zu Gießzyklus variieren kann. Für jeden Gießzyklus kann die Auswahllogik 12 anhand entsprechender Kriterien eine Anzahl p von Auswahlkoordinaten $K_1, \dots, K_p$ bestimmen, für deren Kombinationen vorab einzeln in entsprechenden Simulationsvorgängen die zugehörigen bestpassenden Stellsignale generiert werden. Der Stellsignalspeicher 10 umfasst dann einen p -dimensionalen Auswahlkoordinatenraum für die Vielzahl n an bestpassenden Stellsignalverläufen, wie in Fig. 3 veranschaulicht, wobei die Anzahl p kleiner oder gleich der Anzahl m ist. Dabei kann es zweckmäßig sein, möglichst viele der Parameter $P_1, \dots, P_m$ auf möglichst wenige Auswahlkoordinaten $K_1, \dots, K_p$ abzubilden, um die Anzahl n an möglichen Stellsignalverläufen aus Gründen des Speicherbedarfs und/oder des vorherigen Rechenauf-

wands möglichst gering zu halten.

[0029] Es sei an dieser Stelle erwähnt, dass insbesondere im Fall einer Simulation vor der Laufzeit des Gießprozesses durch Einsatz eines vergleichsweise hochgenauen Rechenmodells und eines Simulationswerkzeugs hoher Rechenleistung praktisch sämtliche wesentlichen Parameter berücksichtigt werden können, die für den realen Prozess der Kolbenvorschubbewegung während des Kammerfüllungsbewegungsabschnitts relevant sind, insbesondere auch viskose und thermische Effekte wie Viskositätsvariation und Teilsolidifikation. Dabei ist bei Bedarf ein dreidimensionales Geschwindigkeitsfeld zur Beschreibung der Schmelzenfließdynamik in der Gießkammer verwendbar, das den kreisförmigen Gießkammerquerschnitt und vertikale Strömungen praktisch vollständig berücksichtigt.

[0030] Untersuchungen der Erfinder haben ergeben, dass die erwähnten ungünstigen Effekte von Wellenüberwurf und Abschnürung eines kolbenseitigen Luft-/Gasvolumens insbesondere durch einen Verlauf der Kolbenvorschubbewegung reduziert bzw. vermieden werden können, der eine gestufte Anhebung der kolbenseitigen Schmelzenfüllhöhe in der Gießkammer zur Folge hat. Diese Ergebnisse ermöglichen es, die Vielzahl n ermittelter bestpassender Stellsignale im p -dimensionalen Raum der Auswahlkoordinaten $K_1, \dots, K_p$ in Gruppen von Stellsignalverläufen, vorliegend auch als Stellsignal-Trajektorientypen bezeichnet, mit unterschiedlicher Anzahl von derartigen Anregungsstufen zu gruppieren. Dies vereinfacht die Struktur der abzulegenden Stellsignalverlaufsdaten im Speicher 10 und verbessert bzw. beschleunigt die Auswahl des jeweils bestpassenden Stellsignalverlaufs durch die Auswahllogik 12 anhand der Eingangsparameter $P_1, \dots, P_m$.

[0031] Dazu wird für jeden Satz der Prozessparameter $P_1, \dots, P_m$ bei der Vorabermittlung der bestpassenden Stellsignalverläufe festgestellt, welcher Trajektorientyp bestpassend ist, d.h. mit welcher Anzahl solcher Anregungsstufen die Kolbenvorschubbewegung in dieser Situation gesteuert werden soll, um das gewünschte bestmögliche Ergebnis zu erzielen. Entsprechend wird diese Information im Speicher 10 abgelegt, siehe Fig. 4. Während des Gießprozesses entscheidet dann die Auswahllogik 12 anhand der zugeführten Prozessparameter-Eingangsinformation, gemäß welchen Stufentyps des Stellsignalverlaufs die Kolbenvorschubbewegung im aktuellen Gießzyklus erfolgen soll.

[0032] Jede dieser besagten Anregungsstufen repräsentiert einen entsprechenden Teil der Kolbenvorschubbewegung, bei dem zunächst der Kolben relativ schnell vorbewegt wird, um die Schmelzenfüllhöhe am Kolben von einem bisherigen Niveau auf ein vorgegbares höheres Niveau anzuheben. Danach wird für den Kolbenvorschub ein Geschwindigkeitsverlauf vorgegeben, der aus einem vorab bestimmten Verlauf der Schmelzenmaterialhöhe am Gießkolben ermittelt wird, wobei dieser vorab bestimmte Verlauf typischerweise beinhaltet, dass die Schmelzenfüllhöhe am Kolben im Wesentlichen kon-

stant gehalten oder allenfalls zeitlich relativ langsam angehoben wird. Die Anzahl von zu verwendenden Stufen variiert z.B. abhängig vom Füllgrad. Im Fall eines niedrigeren anfänglichen Schmelzefüllstands in der Kammer wird eine Kolbenvorschubbewegung mit mehr Stufen gewählt als im Fall höherer Füllgrade.

[0033] Fig. 5 veranschaulicht ein Beispiel mit einer zweistufigen Anregung. Das Beispiel von Fig. 5 ist anhand der Gießkammer 1 und des Gießkolbens 2 veranschaulicht, wie sie in den Fig. 1 und 2 und deren obiger Beschreibung erläutert worden sind, worauf hier Bezug genommen werden kann. Im Beispiel von Fig. 5 nimmt das Schmelzenmaterial 3 anfänglich vor einsetzender Kolbenvorschubbewegung eine Höhe H_0 in der Gießkammer 1 ein, siehe das oberste Teilbild. Ausgehend davon wird der Kolben 2 zunächst beschleunigt vorbewegt, um eine erste Stufe 3a einer Wellenanregung des flüssigen Schmelzenmaterials 3 zu generieren, durch welche die Schmelzenfüllhöhe am Kolben 2 von der anfänglichen Höhe H_0 auf eine geeignet vorgegebene größere Höhe H_1 angehoben wird. Anschließend wird der Kolben 2 mit reduzierter Beschleunigung oder mit im Wesentlichen gleichbleibender Geschwindigkeit derart vorbewegt, dass die Schmelzenfüllhöhe am Kolben 2 im Wesentlichen auf dem Höhenniveau H_1 der ersten Stufe 3a bleibt, wobei die entsprechende Wellenanregung sich nach vorn fortpflanzt, wie aus dem zweit- und drittoberten Teilbild von Fig. 5 ersichtlich.

[0034] Nach einer vorgegebenen Zeitdauer wird eine zweite Stufe 3b für die Wellenanregung des Schmelzenmaterials 3 in der Kammer 1 durch entsprechende Steuerung des Kolbenvorschubs generiert. Dazu wird der Kolben 2 wiederum zunächst mit größerer Beschleunigung bewegt, bis der Schmelzenfüllstand am Kolben 2 ein vorgegebenes, neues, höheres Niveau H_2 erreicht hat. Im gezeigten Beispiel der Wahl eines zweistufigen Stellsignalverlaufs entspricht diese neue Höhe H_2 der gesamten Kammerhöhe, d.h. dem Durchmesser D der Gießkammer 1, siehe das mittlere Teilbild in Fig. 5. Anschließend wird der Kolben 2 dann wieder mit geringerer Beschleunigung oder mit im Wesentlichen gleichbleibender Geschwindigkeit derart vorbewegt, dass das Schmelzenmaterial 3 am Kolben 2 das neue Höhenniveau H_2 im Wesentlichen beibehält, wobei sich die zweite Wellenanregungsstufe 3b nach vorn fortpflanzt, siehe das drittunterste Teilbild in Fig. 5.

[0035] In der letzten Anregungsstufe, im Beispiel von Fig. 5 die zweite Stufe, wird somit das restliche Luft-/Gasvolumen, das sich kolbenseitig in der Kammer 1 noch zwischen dem Schmelzenmaterial 3 und der Kammerdecke befindet, von der Kolbenseite her in Richtung Gießkammerende, d.h. Gießkammerauslass 8, verdrängt. Durch geeignete Koordination der einzelnen Anregungsstufen, wie sie z.B. durch die erwähnte modellgestützte Regelkreissimulation vor der Laufzeit des Gießprozesses ermittelt werden kann, lässt sich erreichen, dass sich die einzelnen angeregten Wellenstufen, im Beispiel von Fig. 5 die beiden Stufen 3a und 3b, am

Gießkammerende treffen bzw. vereinen und auf diese Weise eine praktisch vollständige Verdrängung des Luft-/Gasvolumens aus der Gießkammer 1 bewirkt wird, wie im zweituntersten und untersten Teilbild von Fig. 5 veranschaulicht. Die Ermittlung der zugehörigen bestpassenden Stellsignalverläufe ist hierbei vorab vollständig systematisch möglich, da rechnerisch ermittelt werden kann, mit welcher Geschwindigkeit die einzelnen Wellenanregungsstufen in Abhängigkeit von deren jeweiliger Höhe in der Gießkammer voranschreiten.

[0036] Ein wesentlicher Einflussfaktor, der zu erhöhten Luft-/Gaseinschlüssen in der Schmelze 3 führen kann, ist eine in der Praxis auftretende Dosierungenauigkeit von z.B. $\pm 5\%$ Volumenfehler der in die Kammer 1 eingebrachten Schmelze 3. Zur Berücksichtigung dieses Faktors erfolgt die gestufte Anhebung der kolbenseitigen Schmelzenhöhe derart, dass auch bei maximalem vorgegebenem Dosierfehler die kolbenseitige Schmelzenhöhe in allen Stufen mit Ausnahme der letzten Stufe sicher unterhalb der Gießkammerdecke bleibt. Die letzte Stufe ist gegenüber Dosierungenauigkeiten relativ unempfindlich. Denn ein Höhenfehler der vorletzten Stufe ist umso unkritischer hinsichtlich der durch die Steuerung vorgegebenden Kolbengeschwindigkeit, je näher diese vorletzte Stufenhöhe an der Gießkammerdecke liegt. Die Stufung wird daher so gewählt, dass die kolbenseitige Schmelzenhöhe in der vorletzten Stufe einerseits selbst bei maximaler Überdosierung einen vorgebbaren Mindestabstand von der Gießkammerdecke einhält und andererseits selbst bei maximaler Unterdosierung einen vorgebbaren Maximalabstand von der Gießkammerdecke nicht überschreitet, so dass durch die letzte Wellenanregungsstufe gerade die gewünschte vollständige Luft-/Gasverdrängung von der Kolbenseite her erzielt wird. Mit dieser gestuften Steuerung der Kolbenvorschubbewegung kann somit die Kammerdecke des Gießkammerzylinders systematisch in die Bestimmung des jeweils bestpassenden Stellsignalverlaufs einbezogen und gleichzeitig eine hinreichende Robustheit gegenüber Dosierfehlern sichergestellt werden.

[0037] Es versteht sich, dass je nach den vorliegenden Anfangswerten für die als einflussrelevant betrachteten Prozessparameter $P_1, \dots, P_m$ neben der in Fig. 5 gezeigten zweistufigen Steuerung auch eine einstufige oder mehr als zweistufige Steuerung der Kolbenvorschubbewegung vorgesehen sein kann. Neben der erwähnten Einbeziehung von Dosierfehlern können auch die Viskositätseigenschaften der Schmelze und thermische Effekte innerhalb der Gießkammer, wie eine Teilsolidifikation, bei der erstarrte Anteile in der Schmelze die Wellenausbreitung beeinträchtigen, systematisch in die Ermittlung des jeweils bestpassenden Stellsignalverlaufs für die Kolbenvorschubbewegung einbezogen werden.

[0038] In den geschilderten Fällen, in denen die bestpassenden Stellsignalverläufe durch ein modellgestütztes Regelkreissimulationssystem ermittelt werden, kann dieses modellgestützte Simulationsregelkreissystem in die Steuerungsvorrichtung integriert sein, die sich typi-

scherweise am Einsatzort der Gießmaschine befindet. Dabei kann die erfindungsgemäße Steuerungsvorrichtung ihrerseits in eine zentrale Maschinensteuerung der Druckgießmaschine integriert sein. Alternativ kann das modellgestützte Regelkreissimulationssystem außerhalb der erfindungsgemäßen Steuerungsvorrichtung implementiert sein, wobei dann die vom modellgestützten Regelkreissimulationssystem gelieferten bestpassenden Stellsignalverläufe der Steuerungsvorrichtung zugeführt bzw. bereitgestellt werden, beispielsweise durch das erwähnte Ablegen in einem Stellsignalspeicher der Steuerungsvorrichtung.

15 Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Steuerung der Vorschubbewegung eines Gießkolbens (2) in einer Gießkammer (1) einer Kaltkammer-Druckgießmaschine mittels eines Stellsignals, wobei die Vorschubbewegung einen Kammerfüllungsbewegungsabschnitt von einer Teilfüllungsstellung mit teilgefülltem Gießkammer-Anfangsvolumen bis zu einer Vollenfüllungsstellung mit gefülltem Gießkammer-Restvolumen umfasst,
dadurch gekennzeichnet, dass
 in der Vorrichtung für unterschiedliche vorgegebene Sätze von Werten einer Mehrzahl von die Schmelzenbewegung in der Gießkammer während des Kammerfüllungsbewegungsabschnitts beeinflussenden Prozessparametern je ein zugehöriger Verlauf des Stellsignals bereitgestellt ist, der als für den betreffenden Parameterwertesatz bestpassender Stellsignalverlauf festgelegt ist, und die Vorrichtung dafür eingerichtet ist, in Abhängigkeit von zu Beginn eines Gießzyklus vorliegenden Werten dieser Mehrzahl von Prozessparametern diesen bestpassenden Stellsignalverlauf zur Steuerung der Gießkolben-Vorschubbewegung während des Kammerfüllungsbewegungsabschnitts anzuwenden, wobei zu der Mehrzahl von Prozessparametern wenigstens ein Gießkammergeometrieparameter, wenigstens ein Füllmengenparameter, wenigstens ein Gießformparameter und/oder wenigstens ein Gießkammertemperatur- oder Schmelzentemperaturparameter gehört.
2. Steuerungsvorrichtung nach Anspruch 1, weiter **dadurch gekennzeichnet, dass** zu der Mehrzahl von Prozessparametern wenigstens ein Gießkammerlängen-Parameter, wenigstens ein Gießkammerhöhen-Parameter, wenigstens ein Gießkammerfüllgrad-Parameter, wenigstens ein Schmelzentemperatur-Parameter, wenigstens ein Gießkammertemperatur-Parameter und/oder wenigstens ein Schmelzenviskositäts-Parameter gehört.
3. Steuerungsvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, weiter **dadurch gekennzeichnet, dass** die bereitge-

stellten Stellsignalverläufe in eine Mehrzahl von Typen mit einer unterschiedlichen Anzahl sukzessiver Verlaufsstufen gruppiert sind, wobei jede Stufe einen zugehörigen Schmelzenhöhenanstieg am Gießkolben repräsentiert.

4. Steuerungsvorrichtung nach Anspruch 3, weiter **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Verlaufsstufe eine anfänglich beschleunigte Gießkolbenbewegung gefolgt von einer Gießkolbenbewegung mit einem Geschwindigkeitsverlauf vorgibt, der mit einem vorab bestimmten Verlauf einer Höhe des Schmelzenmaterials am Gießkolben korrespondiert.
5. Steuerungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, weiter **dadurch gekennzeichnet, dass** die bereitgestellten Stellsignalverläufe von einem modellgestützten Regelkreissimulationssystem vor oder während einer Laufzeit der Gießkolben-Vorschubbewegung gewonnen sind.
6. Steuerungsvorrichtung nach Anspruch 5, weiter **dadurch gekennzeichnet, dass** sie das modellgestützte Simulationsregelkreissystem integriert enthält.

Claims

1. Device for controlling the advancing movement of a casting plunger (2) in a casting chamber (1) of a cold-chamber die casting machine by means of an actuating signal, the advancing movement comprising a chamber filling movement phase from a partial filling position, with a partially filled casting chamber starting volume, to a full filling position, with a filled casting chamber remaining volume, **characterized in that** in the device a respective associated progression of the actuating signal is provided for different specified sets of values of a plurality of process parameters that influence the movement of the molten material in the casting chamber during the chamber filling movement phase, which progression is defined as the most suitable actuating signal progression for the particular set of parameter values, and the device is designed to use the most suitable actuating signal progression in dependence on values of this plurality of process parameters pertaining at the beginning of a casting cycle for controlling the casting plunger advancing movement during the chamber filling movement phase, the plurality of process parameters including at least one casting chamber geometry parameter, at least one filling amount parameter, at least one casting mold parameter, and/or at least one casting chamber temperature or molten material temperature parameter.

2. Control device as claimed in claim 1, further **characterized in that** the plurality of process parameters include at least one casting chamber length parameter, at least one casting chamber height parameter, at least one casting chamber filling degree parameter, at least one molten material temperature parameter, at least one casting chamber temperature parameter, and/or at least one molten material viscosity parameter.
3. Control device as claimed in claim 1 or 2, further **characterized in that** the actuating signal progressions provided are grouped into a plurality of types with a differing number of successive stages of the progression, each stage representing an associated rise in the height of the molten material at the casting plunger.
4. Control device as claimed in claim 3, further **characterized in that** each stage of the progression specifies an initially accelerated casting plunger movement followed by a casting plunger movement with a velocity progression that corresponds to a progression determined in advance for a height of the molten material at the casting plunger.
5. Control device as claimed in any one of claims 1 to 4, further **characterized in that** the actuating signal progressions provided are obtained by a model-aided closed-loop control simulation system before or during a running time of the advancing movement of the casting plunger.
6. Control device as claimed in claim 5, further **characterized in that** it includes the model-aided closed-loop control simulation system in integrated form.

Revendications

1. Dispositif pour commander au moyen d'un signal de commande le mouvement d'avance d'un piston d'injection (2) dans une chambre d'injection (1) d'une machine de moulage sous pression à chambre froide, dans lequel le mouvement d'avance comprend un intervalle de mouvement de remplissage de chambre entre une position de remplissage partiel, correspondant à un volume de départ de chambre de moulage partiellement remplie, et une position de remplissage complet correspondant au remplissage du volume restant de la chambre d'injection, **caractérisé en ce qu'**une courbe du signal de commande respective pour différents ensembles prédéterminés de valeurs d'une pluralité de paramètres de processus régulant le mouvement de la matière en fusion dans la chambre d'injection au cours de l'intervalle de mouvement de remplissage de chambre, déterminée comme étant la courbe du signal de

commande la mieux adaptée, est obtenue dans le dispositif, et le dispositif est conçu pour utiliser la courbe du signal de commande la mieux adaptée pour commander le mouvement d'avance du piston d'injection pendant l'intervalle de remplissage de chambre en fonction de valeurs de ladite pluralité de paramètres de processus présentes au début d'un cycle de moulage, dans lequel la pluralité de paramètres de processus comprennent au moins un paramètre de géométrie de chambre d'injection, au moins un paramètre de quantité de remplissage, au moins un paramètre de moule d'injection et/ou au moins un paramètre de température de chambre d'injection ou de température de la matière en fusion.

2. Dispositif de commande selon la revendication 1, **caractérisé en outre en ce que** la pluralité de paramètres de processus comprennent au moins un paramètre de longueur de chambre d'injection, au moins un paramètre de hauteur de chambre d'injection, au moins un paramètre de degré de remplissage de chambre d'injection, au moins un paramètre de température de la matière en fusion, au moins un paramètre de température de la chambre d'injection et/ou au moins un paramètre de viscosité de la matière en fusion.
3. Dispositif de commande selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en outre en ce que** les courbes du signal de commande fournies sont regroupées en une pluralité de types correspondant à des nombres différents de stades successifs de la courbe, dans lequel chaque stade représente une augmentation correspondante de la hauteur de la matière en fusion au niveau du piston d'injection.
4. Dispositif de commande selon la revendication 3, **caractérisé en outre en ce que** chaque stade de la courbe définit un mouvement du piston d'injection initialement accéléré suivi par un mouvement du piston d'injection présentant une courbe de vitesse qui correspond à une courbe prédéterminée de la hauteur de la matière en fusion au niveau du piston d'injection.
5. Dispositif de commande selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en outre en ce que** les courbes du signal de commande fournies sont obtenues à partir d'un système de simulation de circuit de commande à base de modèle avant ou pendant un temps de fonctionnement du mouvement d'avance du piston d'injection.
6. Dispositif de commande selon la revendication 5, **caractérisé en outre en ce qu'il** comprend le système de circuit de commande de simulation à base de modèle.

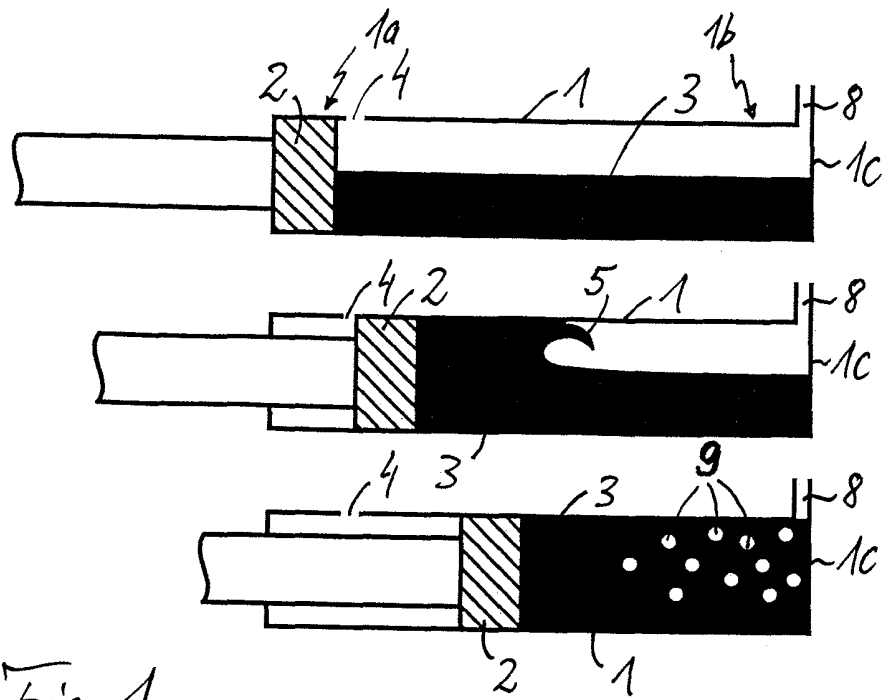


Fig. 1

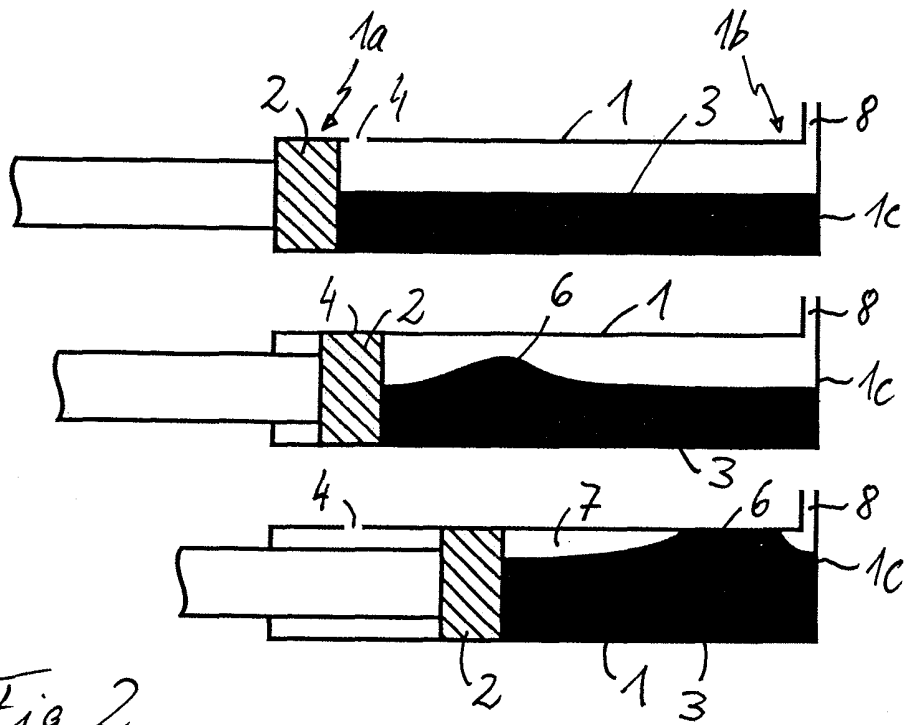


Fig. 2

Fig. 3

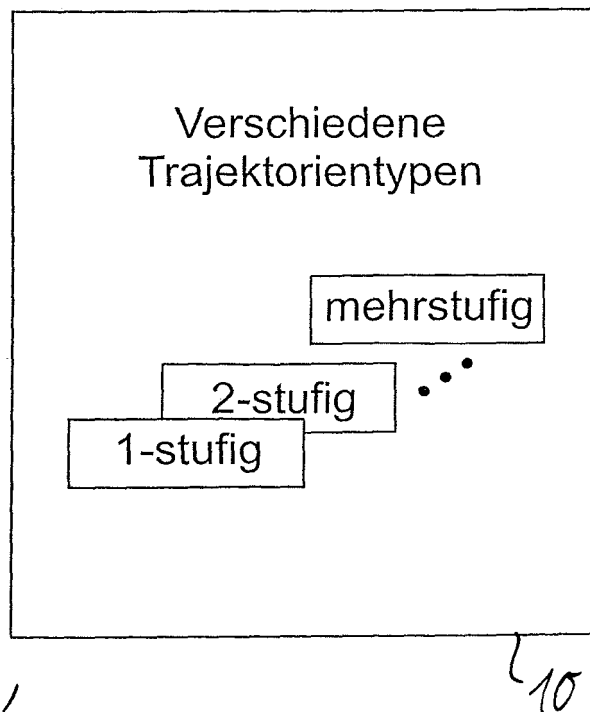
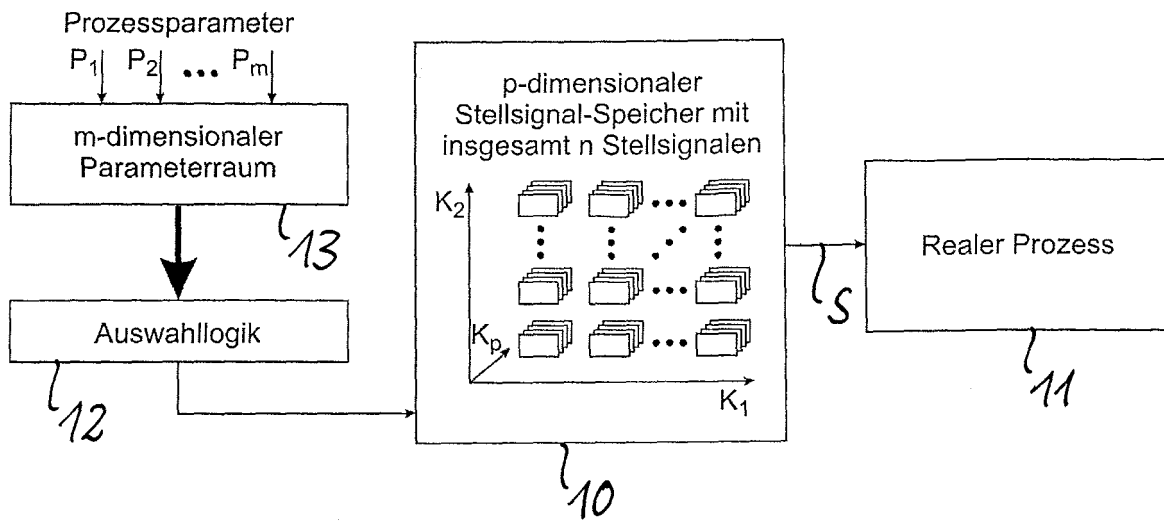


Fig. 4

Fig. 5

