

(19)



(11)

EP 2 578 333 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
10.04.2013 Patentblatt 2013/15

(51) Int Cl.:
B22D 2/00 (2006.01) **B22D 15/04 (2006.01)**
B22D 30/00 (2006.01) **B22D 46/00 (2006.01)**
B22D 47/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **11184325.6**

(22) Anmeldetag: **07.10.2011**

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

(72) Erfinder:
• **Schickmair, Martin Dr.**
4511 Allhaming (AT)
• **Gröschel, Andre**
4060 Leonding (AT)

(71) Anmelder: **Nemak Linz GmbH**
4030 Linz (AT)

(74) Vertreter: **Cohausz & Florack**
Bleichstraße 14
40211 Düsseldorf (DE)

(54) Verfahren zum Steuern einer Giessanlage

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern einer Gießanlage (4) mit mindestens einer Kokille (10) zur Aufnahme eines flüssigen Werkstoffes (8), wobei der flüssige Werkstoff (8) während einer Erstarrungszeit in

der Kokille (10) erstarrt, wobei während des Produktionsprozesses mindestens ein Prozessparameter erfasst wird und die Erstarrungszeit in Abhängigkeit von dem erfassten Prozessparameter bestimmt wird.

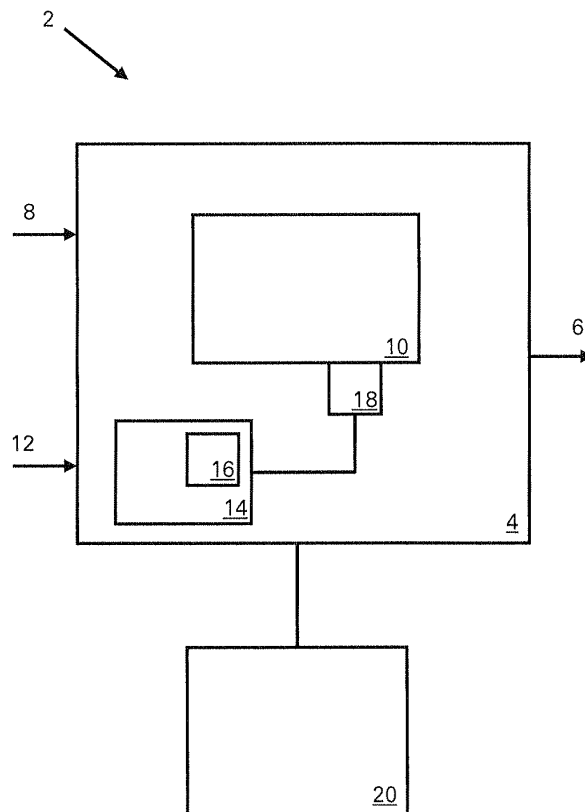


Fig. 1

EP 2 578 333 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern einer Gießanlage mit mindestens einer Kokille zur Aufnahme eines flüssigen Werkstoffes, wobei der flüssige Werkstoff während einer Erstarrungszeit in der Kokille erstarrt. Die Erfindung betrifft darüber hinaus eine Gießanlage mit mindestens einer Kokille, ein Gießanlagensystem umfassend diese Gießanlage, ein Computerprogramm und ein Computerprogrammprodukt.

[0002] Motorenbauteile aber auch andere Bauteile werden heutzutage in Gießanlagen durch einen Gießprozess hergestellt. Beim Gießprozess entsteht dabei aus einem flüssigen Werkstoff nach einer Erstarrung des Werkstoffes ein fester Körper mit einer bestimmten Form entsprechend der Kokillenform. Ein stetiges Anliegen ist es hierbei, den Produktionsprozess effizient zu gestalten und insbesondere neben einer Reduktion von fehlerhaft hergestellten Bauteilen die Produktionsgeschwindigkeit zu verbessern.

[0003] Beim Gießen hängt die Effizienz des Produktionsprozesses insbesondere von der Erstarrungszeit ab, also von der Zeit, in der der zunächst flüssige Werkstoff in einer Kokille der Gießanlage abkühlt und erstarrt, so dass er aus der Kokille entnommen werden kann. Die Erstarrungszeit bestimmt die Zykluszeit und somit die Produktionsrate des Produktionsprozesses wesentlich mit.

[0004] Bei herkömmlichen Verfahren zum Steuern einer Gießanlage des Standes der Technik ist die Erstarrungszeit eine konstante Zeitdauer. Mit anderen Worten wird ein gegossenes Bauteil stets nach der gleichen Zeitdauer aus der Kokille entnommen. Die Erstarrungszeit wird hierbei zur Erhöhung der Produktion in der Regel hinsichtlich des Betriebs der Gießanlage unter Volllast ausgelegt.

[0005] Problematisch beim Stand der Technik ist jedoch, dass zum einen der Gießprozess mehreren nicht konstanten und nicht oder nur begrenzt beeinflussbaren Faktoren unterliegt. Hierzu zählt beispielsweise die Umgebungstemperatur der Gießanlage oder die Temperatur der eingesetzten Werkstoffe.

[0006] Zum anderen kommt es immer wieder zu ungewünschten und nicht zu vermeidenden Unterbrechungen des Gießprozesses beispielsweise aufgrund fehlerhafter Bauteile, Wartungsarbeiten, technischer Fehler, etc. Nach einer Unterbrechung muss die Gießanlage erst wieder hochgefahren und die Kokille insbesondere wieder auf Temperatur gebracht werden. Da jedoch die Erstarrungszeit konstant und für den Volllast-Betrieb ausgelegt ist, führen Unterbrechungen und nicht vermeidbare Beeinflussungen des Gießprozesses zu fehlerhaften Bauteilen. Andererseits kann eine konstante Erstarrungszeit auch dazu führen, dass ein Bauteil länger als erforderlich in der Kokille verbleibt.

[0007] Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Steuerung mindestens einer Gießanlage zur Verfügung zu stellen, welches eine effi-

zientere Herstellung von Bauteilen insbesondere auch bei nicht optimalen Bedingungen ermöglicht.

[0008] Die zuvor hergeleitete und aufgezeigte Aufgabe wird gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung durch ein Verfahren zum Steuern einer Gießanlage mit mindestens einer Kokille zur Aufnahme eines flüssigen Werkstoffes gelöst, wobei der flüssige Werkstoff während einer Erstarrungszeit in der Kokille erstarrt. Das Verfahren umfasst die Schritte, dass während des Produktionsprozesses mindestens ein Prozessparameter erfasst wird und die Erstarrungszeit in Abhängigkeit von dem erfassten Prozessparameter bestimmt wird.

[0009] Im Gegensatz zum Stand der Technik wird die Erstarrungszeit erfindungsgemäß nicht als eine konstante Zeitdauer vorgegeben, sondern sie ist variable und wird während des Produktionsprozesses in Abhängigkeit von mindestens einem Prozessparameter bestimmt. Mit anderen Worten kann sich die Erstarrungszeit während des Produktionsprozesses in Abhängigkeit eines erfassten Prozessparameters ändern.

[0010] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren wird eine Gießanlage mit mindestens einer Kokille gesteuert. Eine Kokille, welche grundsätzlich eine beliebige Form entsprechend der gewünschten Form des herzustellen- den Bauteils aufweisen kann, wird mit einem flüssigen Werkstoff gefüllt. Vorzugsweise kann es sich bei dem Ausgangswerkstoff um ein flüssiges Metall handeln. Um ein Metall zu verflüssigen wird dieses entsprechend erhitzt.

[0011] Der in die Kokille gefüllte flüssige und heiße Werkstoff kühlt sich in der Kokille ab und erstarrt zu einem festen Körper. Die Erstarrungszeit, also die Zeitspanne zwischen dem Füllen der Kokille und dem Entnahmepunkt des gegossenen Bauteils, wird erfindungsgemäß in Abhängigkeit eines während des Produktionsparameters erfassten Prozessparameters bestimmt.

[0012] Unter einem Prozessparameter ist ein Parameter zu verstehen, der charakteristisch ist für den Gießprozess oder diesen mittelbar oder unmittelbar beeinflusst. Insbesondere handelt es sich bei dem Prozessparameter um einen Parameter, der charakteristisch ist für die Erstarrungszeit oder diese mittelbar oder unmittelbar beeinflusst.

[0013] Durch die erfindungsgemäße (automatischen) Bestimmung der Erstarrungszeit in Abhängigkeit eines während des Produktionsprozesses kann die Ausschussrate verringert werden. Die Produktionsrate und die Effizienz des Produktionsverfahrens können auch bei nicht optimalen Betriebsbedingungen signifikant gesteigert werden. Insbesondere können Unterbrechungen des Produktionsprozesses und nicht vermeidbare Beeinflussungen durch das erfindungsgemäße Verfahren berücksichtigt werden. Schon geringe Zykluszeitreduktionen im Sekundenbereich führen zu signifikant höheren Produktionsraten.

[0014] Grundsätzlich kann der mindestens eine Prozessparameter zu beliebigen Zeiten erfolgen. Gemäß einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen

Verfahrens kann während eines Gießprozesses eines herzustellenden Bauteils ein aktueller Prozessparameter erfasst werden. Unter dem Gießprozess ist ein einzelner Gießvorgang eines Bauteils während des Produktionsprozesses einer Vielzahl von Bauteilen zu verstehen. Insbesondere kann für jedes zu gießende Bauteil während des Gießprozesses des entsprechenden Bauteils mindestens ein aktueller Prozessparameter erfasst werden. Die Erstarrungszeit für das (aktuell) herzustellende Bauteil kann bevorzugt in Abhängigkeit des erfassten aktuellen Prozessparameters bestimmt werden. Mit anderen Worten kann die Erstarrungszeit des zu gießenden Bauteils (direkt) von einem aktuellen Prozessparameter abhängen. Aktuelle Einflüsse und insbesondere Änderungen auf den Gießprozess können (zeitnah) berücksichtigt werden. Insbesondere ist eine (automatische) Echtzeitregelung der Erstarrungszeit möglich. Zykluszeit und Qualität können verbessert werden.

[0015] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens kann der mindestens eine Prozessparameter kontinuierlich erfasst werden. Eine kontinuierliche Erfassung eines Prozessparameters zumindest während des Gießprozesses eines (aktuell) zu gießenden Bauteils führt zu exakten und (stets) aktuellen Messwerten. Alternativ kann der Prozessparameter in vorgebbaren zeitlichen Abständen, insbesondere in periodischen Zeitabständen, erfasst werden. Die zeitlichen Abstände können insbesondere derart gewählt werden, dass die Messwerte ausreichend aktuell sind, um beispielsweise auf den Gießprozess wirkende Einflüsse ausreichend und rechtzeitig berücksichtigen zu können. Beispielsweise kann jede Sekunde, bevorzugt jede halbe Sekunde ein Wert erfasst werden.

[0016] Es versteht sich, dass mehrere unterschiedliche Prozessparameter des Produktionsprozesses, insbesondere des Gießprozesses erfasst werden können. Unterschiedliche Prozessparameter können auch in unterschiedlicher Weise, also kontinuierlich oder in vorgebbaren zeitlichen Abständen, erfasst werden.

[0017] Darüber hinaus kann die Bestimmung der Erstarrungszeit gemäß einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens in Abhängigkeit eines Vergleichs des erfassten Prozessparameters mit mindestens einem Sollprozessparameter durchgeführt werden. Ein Sollprozessparameter, wie ein Grenzwert, kann vorgegeben werden. Durch einen Vergleich des (aktuellen) Prozessparameters mit einem geeigneten Sollprozessparameter kann in einfacher Weise die Erstarrungszeit bestimmt werden. Beispielsweise kann der Sollprozessparameter derart vorgegeben werden, dass ein Überschreiten oder Unterschreiten des Sollprozessparameters durch den aktuellen Prozessparameter den Zeitpunkt angibt, ab dem die Kokille geöffnet werden kann. Mit anderen Worten kann mindestens eine Bedingung derart vorgegeben werden, dass bei Erfüllung der Bedingung eine ausreichende Erstarrung des Werkstoffes erfolgt ist und das gegossene Bauteil entnommen werden kann.

[0018] Bevorzugt können zumindest zwei Sollprozessparameter für einen Prozessparameter vorgesehen sein. Ferner kann ein unterer und ein oberer Grenzwert vorgegeben werden, die einen zulässigen Bereich definieren. Nur wenn der aktuelle Prozessparameter in diesem Bereich liegt, kann die Kokille geöffnet werden kann. Zusätzlich können weitere Sollkriterien vorgegeben werden. Beispielsweise kann bei einem sich kontinuierlich ändernden Prozessparameter berücksichtigt werden, ob dieser sich (aktuell) ansteigend oder sinkend ändert.

[0019] Grundsätzlich eignen sich verschiedene Prozessparameter des Produktionsprozesses zur Bestimmung der Erstarrungszeit. Vorzugsweise können Prozessparameter erfasst werden, welche die Erstarrungszeit charakterisieren oder beeinflussen. Es ist erkannt worden, dass die Temperatur der Kokille oder die Temperatur des in der Kokille befindlichen Werkstoffes für die Bestimmung der Erstarrungszeit besonders geeignet ist. Insbesondere kann aus der Temperatur des in der Kokille befindlichen Werkstoffes abgeleitet werden, ob der zunächst flüssige Werkstoff (ausreichend) erstarrt ist und die Kokille geöffnet werden kann. Es kann bevorzugt eine Sollwerttemperatur vorgegeben werden, bei der sichergestellt ist, dass der eingesetzte flüssige Werkstoff soweit erstarrt ist, dass ein gegossenes Bauteil entnommen werden kann. Mit anderen Worten kann für jedes Bauteil der optimale Entnahmezeitpunkt bestimmt werden. Der Entnahmezeitpunkt, also die variable Erstarrungszeit, kann insbesondere von der aktuellen Temperatur des Werkstoffes bzw. Bauteils abhängen. Zum einen kann ein zu früher Entnahmezeitpunkt, bei der noch keine ausreichende Erstarrung eingesetzt hat, verhindert werden. Zum anderen können unnötig lange Erstarrungszeiten vermieden werden. Die Zykluszeit kann bei gleichzeitiger Reduzierung der Anzahl an fehlerhaften Bauteilen verbessert werden.

[0020] Wie bereits beschrieben wurde, können weitere Kriterien vorgegeben werden. Beispielsweise kann berücksichtigt werden, ob die Temperatur der Kokille oder die Temperatur des in der Kokille befindlichen Werkstoffes fallend oder ansteigend ist. So kann bei der Füllung der Kokille die erfasste Temperatur zunächst ansteigen und demnach zunächst unter einem Sollwert liegen. Um dennoch sicherzustellen, dass der Werkstoff erstarrt ist, kann der Temperaturverlauf berücksichtigt werden. Aus einem fallenden Temperaturverlauf kann geschlossen werden, dass der Werkstoff sich abkühlt und erstarrt. Neben dem Erreichen, Unter- oder Überschreiten einer Solltemperatur kann zusätzlich zur Bestimmung der Erstarrungszeit vorgesehen sein, dass der Temperaturverlauf fallend ist.

[0021] Es versteht sich, dass gemäß anderen Varianten der Erfindung die Temperaturen der Kokille und des in der Kokille befindlichen Werkstoffes erfasst werden können.

[0022] Darüber hinaus kann gemäß einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens die Erstarrungszeit des herzustellenden Bauteils in Abhängigkeit der Erstar-

rungszeit von mindestens einem zuvor hergestellten Bauteil bestimmt werden. Insbesondere können Ergebnisse aus vorherigen Gießprozessen gespeichert und berücksichtigt werden. Beispielsweise kann aus einer ungewöhnlichen Diskrepanz zwischen der aktuellen Erstarrungszeit und der Erstarrungszeit des zuvor gegossenen Bauteils auf eine fehlerhafte Messung geschlossen werden.

[0023] Um bei einer fehlerhaften Erfassung des (aktuellen) Prozessparameters eine zu frühe Öffnung der Kokille zu verhindern, kann vorzugsweise mindestens eine Sollerstarrungszeit vorgegeben werden. Beispielsweise kann mindestens eine minimale Sollerstarrungszeit vorgegeben werden. Die minimale Sollerstarrungszeit kann insbesondere derart gewählt sein, dass zumindest eine ausreichende Erstarrung des Werkstoffes eingesetzt hat, die verhindert, dass flüssiger Werkstoff beim Öffnen der Kokille aus dieser fließt und zu Beschädigungen der Gießanlage oder anderen Vorrichtungen führt. Darüber hinaus kann eine maximale Sollerstarrungszeit vorgegeben werden. Eine fehlerhafte Messung des mindestens einen Prozessparameters kann nicht nur dazu führen, dass eine Bedingung, wie das Erreichen eines Sollprozessparameters, zu früh erzielt wird, sondern auch, dass eine Bedingung nicht oder zu spät erreicht wird. Um eine Entnahme auch in diesem Fall zu ermöglichen, kann eine maximale Sollerstarrungszeit vorgegeben werden, wobei bei Erreichen der maximalen Sollerstarrungszeit (stets) die Kokille geöffnet und das Bauteil entnommen werden kann. Es versteht sich, dass entsprechende Fehler einem Benutzer angezeigt werden können.

[0024] Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens können die zuvor beschriebenen Kriterien, in deren Abhängigkeit die Erstarrungszeit, also der Entnahmezeitpunkt des gegossenen Bauteils, bestimmt werden kann, in einer Formel berücksichtigt werden. Beispielsweise können verschiedene Bedingungen in einer Formel logisch miteinander verknüpft sein. Insbesondere kann das Erreichen einer Sollwerttemperatur mit den Bedingungen verknüpft sein, dass der Temperaturverlauf fallend ist und eine minimale Erstarrungszeit überschritten wurde.

[0025] Ferner kann gemäß einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens der mindestens eine Sollprozessparameter vor dem Produktionsprozess bestimmt werden. Vorzugsweise können sämtliche Sollwerte, insbesondere eine zuvor beschriebene Formel, vor dem Produktionsprozess bestimmt werden. Insbesondere kann die mindestens eine Sollerstarrungszeit vor dem Produktionsprozess ermittelt werden.

[0026] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform kann der mindestens eine Sollprozessparameter in Abhängigkeit des flüssigen Werkstoffes, der Gießanlage, des Zustands der Gießanlage und/oder der Kokillenform bestimmt werden. Beispielsweise können unterschiedliche flüssige Werkstoffe unterschiedliche Erstarrungstemperaturen aufweisen. Daher kann die mindestens eine Solltemperatur für unterschiedliche

Werkstoffe verschieden sein. Ebenso kann die eingesetzte Kokillenform, beispielsweise deren Größe, Durchmesser, etc., unterschiedliche Sollprozessparameter erfordern, um optimale Ergebnisse zu erhalten. Aber auch unterschiedliche Gießanlagentypen und der Zustand der Gießanlage können Einfluss auf eine optimale Erstarrungszeit haben. Es versteht sich, dass weitere Kriterien für die Bestimmung des Sollprozessparameters herangezogen werden können. Ebenso versteht es sich, dass neben einem Sollprozessparameter auch eine Sollerstarrungszeit in ähnlicher Weise bestimmt werden kann.

[0027] Darüber hinaus kann vorgesehen sein, dass der mindestens eine Sollwertparameter auch während des Produktionsprozesses in vorgebbaren Zeitabständen (erneut) bestimmt werden kann.

[0028] Ein weiterer Aspekt der Erfindung ist eine Gießanlage mit mindestens einer Kokille zur Aufnahme eines flüssigen Werkstoffes. In der Gießanlage ist mindestens eine Sensoreinrichtung konfiguriert zum Erfassen von mindestens einem Prozessparameter während des Produktionsprozesses vorgesehen und mindestens eine Steuereinrichtung konfiguriert zum Bestimmen der Erstarrungszeit in Abhängigkeit des erfassten Prozessparameters vorgesehen.

[0029] Die Gießanlage ist insbesondere zur Durchführung des zuvor beschriebenen Verfahrens ausgebildet.

[0030] Ferner umfasst die Gießanlage mindestens eine Kokille mit einer vorgebbaren Form. Die Form hängt insbesondere von dem herzustellenden Bauteil ab. Die Kokille kann mit einem flüssigen Werkstoff, wie einem Metall oder dergleichen, gefüllt werden. Nach einem Erstarren des Werkstoffes kann die Kokille geöffnet und das erstarrte Bauteil entnommen werden.

[0031] Des Weiteren ist mindestens eine geeignete Sensoreinrichtung vorgesehen, um mindestens einen zuvor genannten Prozessparameter während des Produktionsprozesses und insbesondere während eines Gießprozesses zu erfassen.

[0032] Ferner ist eine Steuereinrichtung vorgesehen. Die Steuereinrichtung, beispielsweise ein Mikrocomputer, ein Digitaler Signalprozessor (DSP) oder dergleichen, ist eingerichtet, den erfassten Prozessparameter zu bearbeiten und in Abhängigkeit des Prozessparameters die optimale Erstarrungszeit, also den Entnahmezeitpunkt, für das gegossene Bauteil zu bestimmen.

[0033] Die Produktionsrate und die Effizienz des Produktionsverfahrens können auch bei nicht optimalen Betriebsbedingungen signifikant gesteigert werden.

[0034] Gemäß einer ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Gießanlage kann die Sensoreinrichtung ein Temperatursensor sein. Der Temperatursensor kann insbesondere an oder in der Kokille angeordnet sein. Mittels eines geeigneten Temperatursensors kann ein für den Gießprozess wesentlicher Prozessparameter erfasst werden.

[0035] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Gießanlage kann der Temperatursensor derart angeordnet sein, dass die Temperatur

des in der Kokille befindlichen Werkstoffes erfassbar ist. Wie bereits beschrieben wurde, hängt die tatsächlich erforderliche Erstarrungszeit (unter anderem) von der Temperatur des in der Kokille befindlichen Werkstoffes ab. Beispielsweise kann die Temperatur der Kokille gemessen werden. Aus dieser Temperatur kann die Temperatur des in der Kokille befindlichen Werkstoffes abgeleitet werden.

[0036] Grundsätzlich kann die Temperatur des in der Kokille befindlichen Werkstoffes berührungslos oder über Berührung erfasst werden. Besonders bevorzugt kann der mindestens eine Temperatursensor derart angeordnet sein, dass der Temperatursensor den in der Kokille befindlichen Werkstoff unmittelbar kontaktiert. Die Temperatur kann besonders exakt erfasst werden. Hierdurch kann der mindestens eine Temperatursollwert nahezu ohne eine Toleranz aufgrund von Messungenauigkeiten gesetzt werden. Die Zykluszeit kann ohne Qualitätsverlust signifikant reduziert werden.

[0037] Ein weiterer Aspekt der Erfindung ist ein Gießsystem umfassend mindestens eine zuvor beschriebene Gießanlage und eine zentrale Steuerung konfiguriert zum Bestimmen von mindestens einem Sollprozessparameter.

[0038] Das Gießsystem kann auch zwei oder mehr Gießanlagen aufweisen, welche mit der zentralen Steuerung kommunizieren können. Die zentrale Steuerung, insbesondere eine zentrale Verarbeitungseinrichtung mit einer Datenbank, kann als übergeordnete Steuerung ausgebildet sein. In der Datenbank können beispielsweise Informationen über die Gießanlage, wie dem Zustand der Gießanlage, die Form der Kokille, etc., und über die zu fertigenden Bauteile und Ausgangswerkstoffe gespeichert sein. Aus diesen Informationen kann zumindest ein optimaler Sollprozessparameter, bevorzugt eine zuvor beschriebene Formel zur Bestimmung der Erstarrungszeit abgeleitet werden. Ferner können vorteilhafterweise Informationen von einer Mehrzahl an mit der zentralen Steuerung verbundenen Gießanlagen genutzt werden, um einen optimalen Sollprozessparameter, bevorzugt eine Formel zur Bestimmung der Erstarrungszeit, zu bestimmen.

[0039] Ein weiterer Aspekt der Erfindung ist ein Computerprogramm mit Instruktionen ausführbar auf einem Prozessor derart, dass eine Gießanlage mittels des zuvor beschriebenen Verfahrens gesteuert wird.

[0040] Ein noch weiterer Aspekt der Erfindung ist ein Computerprogrammprodukt umfassend ein zuvor beschriebenes Computerprogramm mit Instruktionen ausführbar auf einem Prozessor derart, dass eine Gießanlage mittels des zuvor beschriebenen Verfahrens gesteuert wird.

[0041] Es gibt nun eine Vielzahl von Möglichkeiten, das erfindungsgemäße Verfahren zum Steuern mindestens einer Gießanlage, die erfindungsgemäße Gießanlage, das erfindungsgemäße Gießanlagensystem, das erfindungsgemäße Computerprogramm und das erfindungsgemäße Computerprogrammprodukt auszugestalten

und weiterzuentwickeln. Hierzu sei einerseits verwiesen auf die den unabhängigen Patentansprüchen nachgeordneten Patentansprüche, andererseits auf die Beschreibung von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit der Zeichnung. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1 eine schematische Ansicht eines ersten Ausführungsbeispiels eines Gießanlagensystems mit einer Gießanlage gemäß der vorliegenden Erfindung; und

Fig. 2 ein Flussdiagramm eines Ausführungsbeispiels eines Verfahrens zum Steuern einer Gießanlage gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0042] Figur 1 zeigt eine schematische Ansicht eines ersten Ausführungsbeispiels eines Gießanlagensystems 2 mit einer beispielhaften Gießanlage 4 gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0043] Die dargestellte Gießanlage 4 ist eingerichtet zur Herstellung, insbesondere zum Gießen von Bauteilen 6. Beispielsweise können Motorenteile oder dergleichen gegossen werden. Hierzu wird ein flüssiger Werkstoff 8, wie ein flüssiges Metall, zur Verfügung gestellt. Insbesondere kann es sich bei dem Metall um Aluminium oder eine Aluminiumlegierung handeln.

[0044] Der flüssige Werkstoff 8 wird in eine Kokille 10, auch Gussform 8 genannt, gefüllt. Um Bauteile 6 mit Hohlräumen herzustellen, können darüber hinaus Formstoffe 12 zur Verfügung gestellt werden. Mit den Formstoffen 12 können beispielsweise Kerne gebildet werden, um spätere Hohlräume in den Bauteilen 6 zu erzeugen. Als Formstoffe 12 für einen Kern kommen beispielsweise geeignete Sande zum Einsatz.

[0045] Darüber hinaus weist die Gießanlage 4 eine Steuereinrichtung 14 auf. Die Steuereinrichtung 14 kann konfiguriert sein, um die Gießanlage 4 bzw. den Gießprozess zu steuern. Die Steuereinrichtung 14 kann geeignete Verarbeitungsmittel 16, wie einen Prozessor, Speichermittel, Schnittstellen, etc., aufweisen, um verschiedene Steuerparameter für den Gießprozess vorzugeben. Beispielsweise können Kühlparameter, Heizparameter zur Heizung von Formpartien der Werkzeugform und/oder geeignete Anschnitt- und Speiseparameter vorgegeben werden.

[0046] Insbesondere ist die Steuereinrichtung 14 dazu eingerichtet, die Erstarrungszeit, also den Entnahmezeitpunkt, zu bestimmen, wie nachfolgend noch näher ausgeführt werden wird.

[0047] Ferner umfasst die Gießanlage 4 im vorliegenden Ausführungsbeispiel eine Sensoreinrichtung 18. Die Sensoreinrichtung 18 ist insbesondere ein Temperatursensor 18 zur Erfassung der Temperatur der Kokille 10 und/oder des in der Kokille 10 befindlichen Werkstoffes.

[0048] Vorzugsweise kann die Temperatur des in der Kokille 10 befindlichen Werkstoffes direkt erfasst werden. Beispielsweise kann ein Temperatursensor 18 der-

art angeordnet sein, dass dieser den in der Kokille 10 befindlichen Werkstoff direkt kontaktiert. Alternativ oder zusätzlich kann die Temperatur der Kokille 10 gemessen werden. Beispielsweise kann aus dieser Temperatur die Temperatur des in der Kokille 10 befindlichen Werkstoffes abgeleitet werden.

[0049] Der Temperatursensor 18 erfasst in vorgebbaren Zeitabständen oder kontinuierlich mindestens eine der zuvor genannten Temperaturen. Die erfassten Temperaturwerte können der Steuereinrichtung 14 in geeigneter Form zur weiteren Verarbeitung zur Verfügung gestellt werden.

[0050] Es versteht sich, dass gemäß anderen Varianten der vorliegenden Erfindung eine Mehrzahl an Temperatursensoren 18 vorgesehen sein kann, um die Temperatur der Kokille 10 und/oder des in der Form befindlichen Werkstoffes an verschiedenen Orten zu erfassen. Darüber hinaus versteht es sich, dass weitere Erfassungseinrichtungen beispielsweise zur Erfassung der Umgebungstemperatur und dergleichen vorgesehen sein können.

[0051] Ferner kann die Gießanlage 4 in Kommunikationsverbindung mit einer zentralen Steuerung 20 sein. Grundsätzlich kann eine drahtlose oder drahtgebundene Kommunikationsverbindung vorgesehen sein.

[0052] Die zentrale Steuerung 20 kann (nicht dargestellte) Verarbeitungsmittel und eine Datenbank umfassen. Ferner kann die zentrale Steuerung 20 mit weiteren (nicht dargestellten) Gießanlagen verbunden sein.

[0053] Die Funktionsweise der Gießanlage 4 gemäß Figur 1 wird nachfolgend mit Hilfe der Figur 2 näher beschrieben. Figur 2 zeigt ein Flussdiagramm eines Ausführungsbeispiels eines Verfahrens zum Steuern einer Gießanlage 4 gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0054] In einem ersten Schritt 201 kann zunächst vor Beginn des Produktionsprozesses, also vor dem Gießprozess eines ersten Bauteils 4, mindestens ein erster Sollprozessparameter bestimmt werden. Die Bestimmung des Sollprozessparameters kann insbesondere von dem Werkstoff 8, der Gießanlage 4, dem Zustand der Gießanlage 4, der Kokillenform, des herzustellenden Bauteils 6, etc. abhängen.

[0055] Es versteht sich, dass eine Mehrzahl von Sollprozessparametern bestimmt werden kann. Insbesondere kann zumindest ein Grenzwert für mindestens einen Prozessparameter bestimmt werden. Darüber hinaus kann mindestens eine Sollerstarrungszeit vorgegeben werden. Vorzugsweise können mindestens eine minimale Sollerstarrungszeit und eine maximale Sollerstarrungszeit bestimmt werden.

[0056] Ferner können vorzugsweise nicht nur Sollparameter, sondern eine Formel zur Bestimmung der optimalen Erstarrungszeit insbesondere in Abhängigkeit der zuvor genannten Kriterien bestimmt werden, wobei die Formel vorzugsweise von einer Sollerstarrungszeit, Sollprozessparameter und erfassten Prozessparametern abhängen kann. Beispielsweise können einzelne Bedingungen logisch miteinander verknüpft werden.

[0057] Gemäß dem nachfolgend näher erläuterten Ausführungsbeispiel kann eine minimale Solltemperatur, eine minimale Sollerstarrungszeit, eine maximale Sollerstarrungszeit und die Bedingung, dass der Temperaturverlauf fallend ist, vorgegeben werden, wobei die einzelnen Verbindung logisch miteinander verknüpft sein können.

[0058] Der Temperatursollwert kann bei Aluminium als Werkstoff beispielsweise im Bereich zwischen 350°C und 600°C liegen. Die minimale Sollerstarrungszeit kann im Bereich zwischen 80s und 180s. Die maximale Sollerstarrungszeit kann im Bereich zwischen 100s und 250s liegen.

[0059] Die Bestimmung des mindestens einen Sollprozessparameters oder einer Formel kann von der Steuereinrichtung 12 der Gießanlage 4 bestimmt werden. Bevorzugt kann jedoch eine übergeordnete Steuereinrichtung 20, beispielsweise eine zentrale Steuerung 20 mit einer Datenbank zur Bestimmung des mindestens einen Sollprozessparameters vorgesehen sein. Die übergeordnete Steuereinrichtung 20 kann insbesondere dazu eingerichtet sein, eine Mehrzahl an Gießanlagen zu überwachen und zu steuern.

[0060] In einem nächsten Schritt 202 kann der flüssige Werkstoff in die Kokille 10 gefüllt werden. Gleichzeitig kann ein Zeitmesser gestartet werden. Beispielsweise kann mit Start der Befüllung oder mit Ende der Befüllung der Zeitmesser gestartet werden.

[0061] In einem nächsten Schritt 203 kann der flüssige Werkstoff abkühlen und erstarren. Während des Gießprozesses kann zumindest ein Prozessparameter erfasst werden. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wird die Temperatur des in der Kokille 10 befindlichen Werkstoffes kontinuierlich von einer Sensoreinrichtung 18 erfasst. Es versteht sich, dass die Temperatur kontinuierlich während des gesamten Produktionsprozesses und nicht nur während des Gießvorgangs erfasst werden kann.

[0062] Die Steuervorrichtung 14 kann insbesondere dazu eingerichtet sein, die aktuell erfasste Temperatur des Werkstoffes mit der optimalen Solltemperatur zu vergleichen.

[0063] Stellt die Steuervorrichtung 14 fest, dass die optimale Solltemperatur erreicht oder unterschritten ist, kann zunächst zusätzlich überprüft werden, ob der Temperaturverlauf fallend. Ferner kann zusätzlich überprüft werden, ob die minimale Sollerstarrungszeit bereits überschritten ist. Hierfür kann der Wert des Zeitmessers mit der minimalen Sollerstarrungszeit verglichen werden.

[0064] Sind die Bedingungen erfüllt, kann die Steuerung 14 veranlassen, dass die Kokille 10 geöffnet und das Bauteil 6 in einem Schritt 204 entnommen wird. Nach der Entnahme des Bauteils 6 kann die Kokille 10 wieder geschlossen, der Zeitmesser zurückgesetzt und das Verfahren entsprechend Schritt 202 fortgesetzt werden.

[0065] Eine alternative Entnahmebedingung kann das Erreichen der maximalen Sollerstarrungszeit sein. Der Wert des Zeitmessers kann bevorzugt kontinuierlich mit

zumindest der maximalen Sollerstarrungszeit verglichen werden. Auch wenn die Temperatur des Werkstoffes die Solltemperatur noch nicht erreicht hat, kann dennoch eine Entnahme des gegossenen Bauteils 6 erfolgen. In diesem Fall liegt aller Voraussicht nach ein Messfehler dar.

[0066] Die Kokille 10 wird jedoch nicht geöffnet, wenn die aktuelle Temperatur des Werkstoffs zwar unter der Solltemperatur liegt, der Temperaturverlauf jedoch steigend ist. Ebenso wird die Kokille 10 im vorliegenden Ausführungsbeispiel nicht geöffnet, wenn die aktuelle Temperatur des Werkstoffs zwar unter der Solltemperatur, jedoch die minimale Sollerstarrungszeit noch nicht erreicht wurde.

[0067] Die letzt genannten Fälle lassen auf einen technischen Fehler schließen. Beispielsweise kann die Erfassungseinrichtung 18 defekt sein. In diesem Fall kann zunächst nach Ablauf der minimalen oder maximalen Sollerstarrungszeit die Kokille 10 in Schritt 204 geöffnet werden. Anschließend kann der Produktionsprozess unterbrochen bzw. beendet werden (Schritt 205). Geeignete Maßnahmen zur Beseitigung des technischen Fehlers können ergriffen werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern einer Gießanlage (4) mit mindestens einer Kokille (10) zur Aufnahme eines flüssigen Werkstoffes (8), wobei der flüssige Werkstoff (8) während einer Erstarrungszeit in der Kokille (10) erstarrt, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- während des Produktionsprozesses mindestens ein Prozessparameter erfasst wird, und
- die Erstarrungszeit in Abhängigkeit von dem erfassten Prozessparameter bestimmt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- während eines Gießprozesses eines herzustellenden Bauteils (6) ein aktueller Prozessparameter erfasst wird, und
- die Erstarrungszeit für das herzustellende Bauteil (6) in Abhängigkeit des erfassten aktuellen Prozessparameters bestimmt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Prozessparameter kontinuierlich oder in vorgebbaren zeitlichen Abständen erfasst wird.

4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bestimmung der Erstarrungszeit in Abhängigkeit eines Vergleichs des erfassten Prozessparameters mit mindestens einem Sollprozessparameter durchgeführt wird.

5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- der Prozessparameter die Temperatur der Kokille (10) ist, oder
- der Prozessparameter die Temperatur des in der Kokille (10) befindlichen Werkstoffes ist.

6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Erstarrungszeit des herzustellenden Bauteils (6) in Abhängigkeit der Erstarrungszeit von mindestens einem zuvor hergestellten Bauteil (6) bestimmt wird.

7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eine Sollerstarrungszeit vorgegeben wird.

8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche 4 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** vor dem Produktionsprozess zumindest der Sollprozessparameter bestimmt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sollprozessparameter in Abhängigkeit des Werkstoffes (8), der Gießanlage (4), des Zustands der Gießanlage (4) und/oder der Kokillenform bestimmt wird.

10. Gießanlage (4) mit mindestens einer Kokille (10) zur Aufnahme eines flüssigen Werkstoffes (8), **dadurch gekennzeichnet, dass**

- mindestens eine Sensoreinrichtung (18) konfiguriert zum Erfassen von zumindest einem Prozessparameter während des Produktionsprozesses vorgesehen ist, und
- mindestens eine Steuereinrichtung (14) konfiguriert zum Bestimmen der Erstarrungszeit in Abhängigkeit des erfassten Prozessparameters vorgesehen ist.

11. Gießanlage (4) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sensoreinrichtung (18) ein Temperatursensor (18) ist, wobei der Temperatursensor (18) insbesondere an oder in der Kokille (10) angeordnet ist.

12. Gießanlage (4) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Temperatursensor (18) derart angeordnet ist, dass die Temperatur des in der Kokille (10) befindlichen Werkstoffes erfassbar ist.

13. Gießsystem (2) umfassend mindestens eine Gießanlage (4) nach einem der Ansprüche 10 bis 12 und eine zentrale Steuerung (20) konfiguriert zum Bestimmen von mindestens einem Sollprozesspa-

rameter.

14. Computerprogramm mit Instruktionen ausführbar auf einem Prozessor derart, dass eine Gießanlage (4) mittels des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 gesteuert wird. 5
15. Computerprogrammprodukt umfassend ein Computerprogramm mit Instruktionen ausführbar auf einem Prozessor derart, dass eine Gießanlage (4) mittels des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 gesteuert wird. 10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

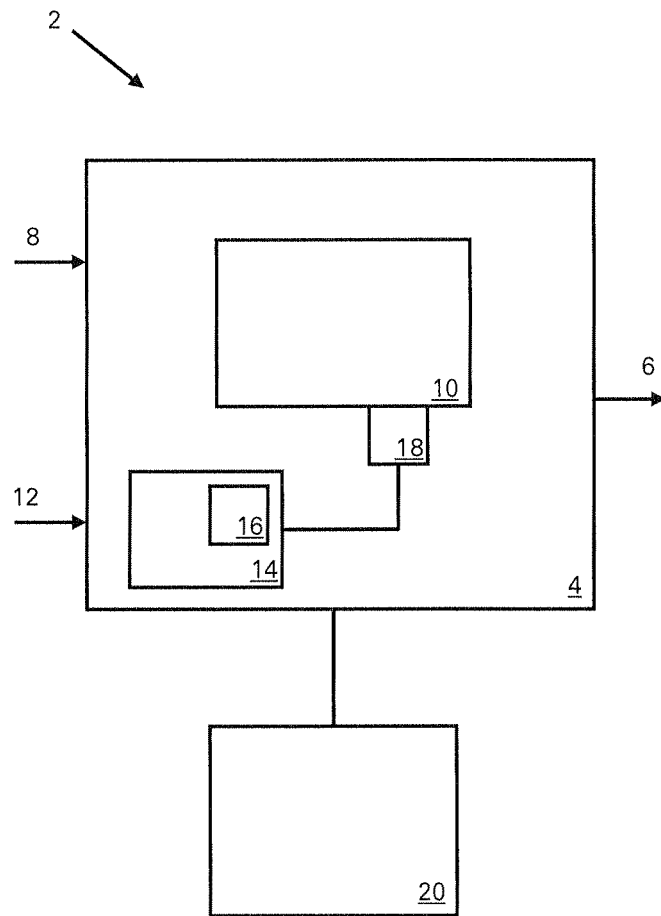


Fig. 1

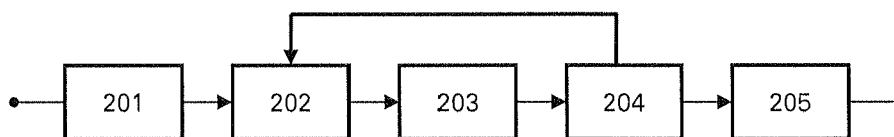


Fig. 2



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 11 18 4325

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	JP 2005 205436 A (YAMAHA MOTOR CO LTD) 4. August 2005 (2005-08-04) * Zusammenfassung *	1-15	INV. B22D2/00 B22D15/04 B22D30/00 B22D46/00 B22D47/00
X	JP 2004 195481 A (FUJI HEAVY IND LTD; KOYAMA KK) 15. Juli 2004 (2004-07-15) * Zusammenfassung *	1-15	
A	"Using solidification simulations for optimising die colling systems", FOUNDRY TRADE JOURNAL, INSTITUTE OF CAST METALS ENGINEERS, WEST BROMWICH, GB, Bd. 182, Nr. 3656, 1. Juli 2008 (2008-07-01), Seiten 186-189, XP001553127, ISSN: 0015-9042 * das ganze Dokument *	1-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B22D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 2. März 2012	Prüfer Zimmermann, Frank
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1
EPO FORM 1503 03/82 (P04C03)

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

EP 11 18 4325

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

02-03-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 2005205436 A	04-08-2005	BR PI0506940 A	12-06-2007
		CN 1909999 A	07-02-2007
		JP 2005205436 A	04-08-2005
		KR 20070001097 A	03-01-2007
		WO 2005070593 A1	04-08-2005

JP 2004195481 A	15-07-2004	JP 4274788 B2	10-06-2009
		JP 2004195481 A	15-07-2004

EPO FORM P0461

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