



(11)

EP 2 072 161 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
21.09.2011 Patentblatt 2011/38

(51) Int Cl.:
B22D 37/00 (2006.01) B22D 39/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08171100.4**

(22) Anmeldetag: **09.12.2008**

(54) **Verfahren zur Steuerung einer Ausgießbewegung eines Gießlöffels**

Method for controlling the pouring movement of a ladle

Procédé de commande d'un mouvement de versement d'une poche

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

(30) Priorität: **17.12.2007 DE 102007047926**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
24.06.2009 Patentblatt 2009/26

(73) Patentinhaber: **Reis Group Holding GmbH & Co.
KG
63785 Obernburg (DE)**

(72) Erfinder: **Kroth, Dr. Eberhard
63785, Obernburg (DE)**

(74) Vertreter: **Stoffregen, Hans-Herbert
Patentanwalt
Friedrich-Ebert-Anlage 11b
63450 Hanau (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**WO-A-2008/011978 DE-A1- 3 223 803
DE-A1-102004 026 062 JP-A- 7 227 668
JP-A- 10 058 120 JP-A- 62 016 869
US-A- 4 084 631**

- **KENICHI YANO ET AL: "Adaptive Feedforward Control of Automatic Pouring Robot Considering Influence of the Accumulating Disturbance" CONTROL APPLICATIONS, 2006 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, PI, 1. Oktober 2006 (2006-10-01), Seiten 2820-2825, XP031011615 ISBN: 978-0-7803-9795-8**

EP 2 072 161 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 ein Verfahren zur Steuerung einer Ausgießbewegung eines Gießlöffels zum Ausgießen eines Schmelzgutes wie Metallschmelze in eine Gießform wie Kokille, wobei eine gießformspezifische Eingießkennlinie in Abhängigkeit eines in die Gießform eingegossenen Schmelzgutvolumens über dem Zeitverlauf vorgegeben und gespeichert wird.

[0002] Ein Verfahren der oben genannten Art ist in der DE-A-10 2006 034 044 beschrieben. Dabei wird eine Gießkurve für eine Robotersteuerung eines Roboters erfasst, der einen Gießlöffel führt. Mit einem Fernbedienungsgerät wird ein manuelles Abgießen einer Schmelze aus dem Gießlöffel durchgeführt. Während des Abgießens wird der zeitliche Verlauf der Roboterbewegung oder/und der zeitliche Verlauf der Abgussgewichte erfasst und gespeichert. Der gespeicherte zeitliche Verlauf wird für die Verwendung in der Robotersteuerung bereitgestellt. Ferner wird ein Verfahren zum Gießen von Gussteilen und ein Robotersystem zum Erfassen einer Gießkurve beschrieben. Änderungen der Gießlöffelgeometrie beispielsweise bei Verwendung verschiedener Gießlöffel werden bei dem bekannten Verfahren nicht berücksichtigt.

[0003] In der WO-A-85/04607 ist ein Verfahren zur Steuerung des wiederholten Abgießens von Gießformen und eine Gießanlage beschrieben. Während eines manuell oder nach einer empirisch vorgegebenen Kurve gesteuerten Gießvorgangs wird laufend das Gewicht der Gießpfanne und damit der darin befindlichen Schmelze sowie das Niveau in einem Gusstrichter bestimmt. Der mittels Messdosen erfasste Verlauf des Pfannengewichts während des Gießvorgangs wird mittels einer elektronischen Steuerung gespeichert. Weitere Gießvorgänge werden hierauf automatisch gesteuert, in denen die Gießpfanne so gekippt wird, dass sich der gleiche Verlauf des Gewichts ergibt. Auch bei diesem Verfahren wird die Änderung einer Gießlöffelgeometrie nicht berücksichtigt.

[0004] Weitere Verfahren zur Steuerung des Ausgießbewegung eines Gießlöffel, sind auch aus DE 32 23 803 A1, JP 10058120, JP 07227668 bekannt.

[0005] Im Kokillenguss werden Metallfolien mit flüssiger Aluminiumschmelze gefällt, um Teile mit komplexen Geometrien herstellen zu können. Das Befüllen mit Metallschmelzgut kann u. a. auch automatisiert mit Robotern oder anderen Automationsgeräten realisiert werden.

[0006] Für die Qualität von Kokillengussteilen ist der zeitliche Verlauf der Materialbefüllung von größter Bedeutung. Um den optimalen Verlauf des Materialfüllvorgangs zu ermitteln, gibt es Simulationssysteme, die als Ausgangsinformation die Einfüllmenge (Materialstrom) über dem Zeitverlauf in Form einer Eingießkennlinie liefern.

[0007] Das Automationsgerät zum Einfüllen des flüssigen Metalls in die Kokille ist mit einem Gießlöffel ausgerüstet. Der Gießlöffel ist an einer numerisch gesteu-

erten Achse befestigt und wird beim Eingießvorgang über die Gießachse geneigt. Je nach kinematischer Anordnung des Gießlöffels am Automationsgerät kann es erforderlich sein, die Bewegung mehrerer Achsen so zu koordinieren, dass die geforderte Ausgießbewegung erreicht wird.

[0008] Da der zeitliche Verlauf des Ausgießstroms entscheidend von der Gießlöffelgeometrie abhängt, ist es notwendig, die Ausgießbewegung für eine gegebene Gießlöffelgeometrie anzupassen. Dies wird in der Regel empirisch durchgeführt. Nach einem Gießlöffelwechsel, insbesondere bei einem Wechsel der Gießlöffelgeometrie, muss die Ausgießbewegung erneut optimiert werden.

[0009] Davon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art dahingehend weiterzubilden, dass die Ausgießbewegung vollständig automatisiert, geplant und gesteuert werden kann. Auch sollen die Rüstzeiten nach einem Wechsel der Gießlöffelgeometrie verkürzt werden.

[0010] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch folgende Verfahrensschritte gelöst:

- Ermittlung einer gießlöffelspezifischen Ausgießkennlinie als Funktion eines aus dem Gießlöffel ausgegossenen Schmelzgutvolumens über der Neigung des Gießlöffels und Speichern der (zumindest einen) Ausgießkennlinie,
- automatische Generierung des zeitlichen Verlaufs der Ausgießbewegung, wobei auf der Grundlage der Eingießkennlinie zu jedem Zeitpunkt das notwendige Eingießschmelzgutvolumen bestimmt wird, welches einem optimalen Ausgießschmelzgutvolumen gleichgesetzt wird, dem über die Ausgießkennlinie eine optimale Neigung zu jedem Zeitpunkt zugeordnet ist.

[0011] Die Ausgießbewegung wird ausgehend von einer gegebenen gießformspezifischen Eingießkennlinie sowie zumindest einer gießlöffelspezifischen Ausgießkennlinie automatisch generiert. Die generierten Daten sind Position und Neigung des Gießlöffels als Zeitfunktion. Die Bewegung wird so gesteuert, dass sich ein kontinuierlicher Geschwindigkeitsverlauf aller am Gießvorgang beteiligten Achsen beispielsweise eines Roboters ergibt.

[0012] Grundlage für die automatische Bewegungs-generierung ist die Eingießkennlinie, welche die erforderliche Füllmenge (Materialstrom) über den Zeitverlauf definiert. Die Kennlinie wird in die Steuerung des Automationsgeräts eingelesen und kann dort visualisiert und ggfs. manuell wie grafisch und/oder numerisch angepasst werden.

[0013] Die Eingießkennlinie muss in der Form "eingegossenes Materialvolumen über dem Zeitverlauf", d.h. akkumuliertes Volumen, vorliegen. Sie kann von einer

Simulationssoftware oder manuell vorgegeben werden.

[0014] Liegt die Eingießkennlinie lediglich als "Materialstrom pro Zeiteinheit" vor, muss daraus durch Integralbildung das akkumulierte Materialvolumen über dem Zeitverlauf berechnet werden. Da die Materialstromkennlinie nicht immer funktional beschreibbar ist, kommen hier numerische Integrationsverfahren zur Anwendung.

[0015] Die Ausgießkennlinie muss in der Form "ausgegossenes Materialvolumen über der Gießlöffelneigung", d. h. akkumuliertes Volumen vorliegen. Diese Kennlinie kann mit zwei unterschiedlichen Methoden erstellt werden.

[0016] Vorzugsweise wird die Ausgießkennlinie als Funktion des ausgegossenen Schmelzgutvolumens über der Gießlöffelneigung empirisch ermittelt. In einem automatischen Kalibriervorgang wird ein voll befüllter Gießlöffel schrittweise bis zur vollständigen Entleerung geneigt. Nach jedem Einzelschritt oder kontinuierlich wird die ausgegossene Materialmenge von einer elektronischen Waage gemessen und der Messwert an die Gießautomat-Steuerung übertragen. Die Steuerung protokolliert die Messwerte und erstellt unter Kenntnis des materialspezifischen Volumengewichtes daraus eine Kennlinie über das (akkumulierte) Materialvolumen. Nach einem Wechsel der Gießlöffelgeometrie muss die Ausgießkennlinie erneut ermittelt werden.

[0017] Gemäß einer weiteren bevorzugten Methode wird die Ausgießkennlinie als Funktion des ausgegossenen Schmelzgutvolumens über der Gießlöffelneigung, d. h. akkumuliertes Volumen, unter Kenntnis der Gießlöffelgeometrie wie 3D-Modell und unter Voraussetzung eines waagrecht liegenden Schmelzgutspiegels analytisch berechnet.

[0018] Aus der Kenntnis der Eingießkennlinie und der Ausgießkennlinie lässt sich der zeitliche Verlauf der Ausgießbewegung automatisch errechnen und steuern.

[0019] Zusätzlich zur oben beschriebenen Vorgehensweise mit feststehender Gießmaschine kann bei einer anderen Verfahrensweise auch die Gießmaschine während der Eingießbewegung gekippt werden (Kippaießmaschine). In diesem Fall kann die Gießform während des Eingießvorgangs beispielsweise aus einer geeigneten Anfangsstellung in eine senkrechte Endstellung überführt werden. Somit ist zusätzlich zur Steuerung des zeitlichen Verlaufes der Ausgießbewegung auch die räumliche Bewegung der Eingießposition durch die Bewegung der Kippgießmaschine so zu steuern, dass der Gießlöffel immer korrekt zur Eingießposition steht.

[0020] Der zeitliche Verlauf der Gießformbewegung kann in einer Kennlinie für die Kippbewegung über dem Zeitverlauf ermittelt und gespeichert werden.

[0021] Gemäß einer bevorzugten Verfahrensweise kann die Kennlinie für die Kippbewegung über dem Zeitverlauf durch eine Simulationssoftware ermittelt werden. Alternativ besteht auch die Möglichkeit, die Kennlinie für die Kippbewegung über dem Zeitverlauf durch Aufzeichnung der Gießformbewegung mit Hilfe eines angekop-

pelten Lagereglers während eines realen Eingießvorgangs zu ermitteln, nämlich dann, wenn die Gießform durch eine externe Steuerung bewegt wird.

[0022] Eine erste Verfahrensweise sieht vor, dass sowohl die Ausgießbewegung des Gießlöffels als auch die Bewegung der Gießform von ein- und derselben Steuerung gesteuert wird, wobei der Eingießkennlinie und der Kennlinie für die Kippbewegung eine gemeinsame Zeitachse zu Grunde liegen, wobei ausgehend von der Eingießkennlinie zu jedem Zeitpunkt während des Eingießvorgangs aus der Kennlinie für die Kippbewegung die erforderliche Gießformstellung und ausgehend von dem optimalen Eingießvolumen über die Ausgießkennlinie die entsprechende Gießlöffelneigung ermittelt wird, wodurch eine automatische Steuerung der Neigung und der Position des Gießlöffels und der Gießform erfolgt.

[0023] Alternativ besteht die Möglichkeit, die Gießform von einer unabhängigen Steuerung zu steuern, wobei die aktuelle Stellung der Gießform von einem daran angekoppelten Positionsgeber erfasst und an die Steuerung des Gießlöffels übertragen wird, wobei aus der Eingießkennlinie zu jedem Zeitpunkt ein Eingießvolumen entnommen und über das zugehörige Ausgießvolumen mittels der Ausgießkennlinie die zugehörige Neigung und Position des Gießlöffels ermittelt wird, wobei das Nachführen der Ausgießbewegung des Gießlöffels durch eine kinematische Transformation erfolgt, wobei die aktuelle Stellung der Gießform berücksichtigt wird und wobei ein Tool Center Point (TCP) so nachgeführt wird, dass eine Schnaupe des Gießlöffels stets über eine Einführöffnung der Gießform bewegt wird.

[0024] Eine weitere bevorzugte Verfahrensweise sieht vor, dass zwischen diskret abgegriffenen Kennlinienwerten jeweils Zwischenwerte interpoliert werden und von der Steuerung des Gießautomaten an einen Antrieb der Gießform und/oder einen Gießlöffelantrieb ausgegeben werden, so dass sich eine kontinuierliche Bewegung ergibt.

[0025] Eine weitere bevorzugte Verfahrensweise stellt eine Offline-Programmgenerierung dar, wobei über einen Algorithmus aus Informationen der Eingießkennlinie, Ausgießkennlinie und ggfs. Kennlinie für die Kippbewegung ein Bewegungsprogramm für die Steuerung des Automatisierungsgeräts erzeugt wird. Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass das generierte Programm archiviert, manuell verändert und ggfs. auf andere Gießautomaten übertragen werden kann.

[0026] Eine weitere bevorzugte Verfahrensweise zeichnet sich durch eine Online-Bewegungsgenerierung aus, wobei aus den gegebenen Kennliniendaten bzw. Kennlinientabellen über dem Zeitverlauf kontinuierlich die erforderliche Stellung bzw. Neigung des Gießlöffels und/oder der Gießform ermittelt und durch die Steuerung des Automatisierungsgeräts wie Gießautomat sofort eingestellt wird.

[0027] Die vorgestellten Verfahren bieten den Vorteil, dass eine Gießaufgabe vollständig automatisiert, ge-

plant und durchgeführt werden kann. Insbesondere die automatische Kalibrierung nach einem Wechsel der Gießlöffelgeometrie reduziert die Rüstzeiten erheblich.

[0028] Weitere Einzelheiten, Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich nicht nur aus den Ansprüchen, den diesen zu entnehmenden Merkmalen - für sich und/oder in Kombination sondern auch aus der nachfolgenden Beschreibung von der Zeichnung zu entnehmenden bevorzugten Ausführungsbeispielen.

[0029] Es zeigen:

Fig. 1 schematische Darstellung eines Gießautomaten mit Gießlöffel und Kokille,

Fig. 2a eine Eingießkennlinie als Funktion eines in eine Gießform einzugießenden Schmelzgutvolumens über dem Zeitverlauf,

Fig. 2b eine Ausgießkennlinie als Funktion eines aus dem Gießlöffel ausgegossenen Schmelzgutvolumens über der Neigung des Gießlöffels,

Fig. 2c eine Kennlinie für die Kippbewegung als Funktion der Gießformstellung über dem Zeitverlauf,

Fig. 3 Generierung der Gießlöffelbewegung auf der Grundlage von Eingießkennlinie, Ausgießkennlinie und Kennlinie für die Kippbewegung bei Steuerung der Gießform durch die Gießautomatsteuerung und

Fig. 4 Ermittlung der Gießformstellung auf der Grundlage der Eingießkennlinie, der Ausgießkennlinie sowie der Kennlinie für die Kippbewegung, wobei die Gießform von einer unabhängigen Steuerung bewegt wird.

[0030] Fig. 1 zeigt rein schematisch eine Vorrichtung 10 zum Einfüllen eines Schmelzgutes 12 wie Metallschmelze in eine Gießform wie Kokille 14 zur Herstellung eines Formteils. Die Vorrichtung 10 umfasst ein Automationsgerät 16 wie Gießautomat oder Roboter, der zum Einfüllen des flüssigen Metalls 12 mit einem Gießlöffel 18 ausgerüstet ist. Der Gießlöffel 18 ist an einer numerisch gesteuerten Achse 20 befestigt und wird beim Eingießvorgang über diese Achse geneigt. Um die erforderliche Ausgießbewegung des Gießlöffels 18 zu erreichen, können weitere kinematische Achsen 22, 24, 26, 28 des Roboters 16 koordiniert werden.

[0031] Die Kokille 14 kann eine Kippvorrichtung 30 aufweisen, mit der die Kokille 14 beim Eingießvorgang aus einer beispielsweise geneigten Anfangsstellung in eine beispielsweise senkrechte Endstellung kippbar ist. Die Steuerung des Roboters 16 erfolgt über eine Steuerung 32, die gleichzeitig auch die Kippvorrichtung 30 der Kokille steuern kann. Alternativ kann die Kippvorrichtung 30 auch von einer unabhängigen Steuerung 33 gesteuert

werden. In diesem Fall wird über einen externen Positionsmessgeber 34 die Position der Kokille 14 erfasst und an die Steuerung des Roboters 16 geleitet.

[0032] Der Erfindung liegt die Idee zu Grunde, ausgehend von einer gegebenen kokillenspezifischen Eingießkennlinie A, einer gießlöffelspezifischen Ausgießkennlinie B und ggfs. Kennlinie für die Kippbewegung der Kokille C, nachfolgend Kokillenkennlinie C genannt, die Ausgießbewegung des Gießlöffels automatisch zu generieren.

[0033] Fig. 2a zeigt die Eingießkennlinie A als Funktion eines eingegossenen Schmelzgutvolumens $V_e[\text{Liter}]$ 1 über dem Zeitverlauf $t[\text{sec}]$. Die Eingießkennlinie A kann von einer Simulationssoftware oder manuell vorgegeben werden. Sie beschreibt den optimalen Verlauf des Schmelzgut-Füllvorgangs und liefert als Ausgangsinformation die Einmüllmenge $V_e[\text{Liter}]$ (Schmelzgutstrom bzw. Materialstrom) über dem Zeitverlauf.

[0034] Fig. 2b zeigt eine Ausgießkennlinie B als Funktion des ausgegossenen Schmelzgutvolumens $V_a[\text{Liter}]$ über der Gießlöffelneigung $G[^\circ]$. Dabei ist das akkumulierte Schmelzgutvolumen dargestellt.

[0035] Die Ausgießkennlinie B kann mittels zwei unterschiedlicher Methoden erstellt werden. Zum einen kann unter Kenntnis der Gießlöffelgeometrie beispielsweise eines 3D-Modells, und des stets waagrecht liegenden Schmelzgutspiegels die ausgegossene Schmelzgutmenge in Abhängigkeit der Gießlöffelneigung G analytisch berechnet werden. Andererseits besteht die Möglichkeit, in einem automatischen Kalibriervorgang einen voll befüllten Gießlöffel schrittweise bis zur vollständigen Entleerung zu neigen. Während der Kippbewegung wird die ausgegossene Materialmenge von einer elektronischen Waage gemessen und der Messwert an die Gießautomat-Steuerung 32 übertragen. Die Steuerung 32 protokolliert die Messwerte und erstellt unter Kenntnis des materialspezifischen Volumengewichts daraus die Ausgießkennlinie B über das (akkumulierte) Schmelzgutvolumen. Dabei handelt es sich um eine gießlöffelspezifische Ausgießkennlinie B. Nach einem Wechsel der Gießlöffelgeometrie muss die Ausgießkennlinie B erneut ermittelt werden.

[0036] Schließlich ist in Fig. 2c die Kokillenkennlinie C dargestellt. Bei manchen Gießverfahren ist es erforderlich, die Kokille 14 während des Eingießvorgangs z. B. aus einer geneigten Anfangsstellung in eine senkrechte Endstellung zu überführen. Der zeitliche Verlauf der Kokillenbewegung kann in der Kokillenkennlinie als Funktion der Kokillenstellung $K[^\circ]$ über dem Zeitverlauf $t[\text{sec}]$ beschrieben werden.

[0037] Die Kokillenkennlinie C kann entweder durch eine Simulationssoftware oder - wenn die Kokille 14 durch die externe Steuerung 33 bewegt wird - durch Aufzeichnung der Kokillenbewegung mit Hilfe des angekoppelten Lagereglers 34 während eines realen Eingießvorgangs ermittelt werden.

[0038] Aus den oben beschriebenen Kennlinien, nämlich Eingießkennlinie A, Ausgießkennlinie B sowie Kokil-

lenkennlinie C lässt sich der zeitliche Verlauf der Ausgießbewegung automatisch steuern. Dabei können folgende Fälle unterschieden werden.

[0039] Fig. 3 zeigt ein Verfahren, wobei die Kokille 14 von der Gießautomat-Steuerung 32 gesteuert wird. Der Eingießkennlinie A und der Kokillenkenlinie C liegt eine gemeinsame Zeitachse t [sec] zu Grunde. Beim Eingießvorgang wird über die, seit dem Gießbeginn verstrichene Zeit t mit Hilfe der Gießformkennlinie C die erforderliche Gießformstellung K_{act} und aus der Eingießkennlinie A das erforderliche Eingießvolumen V_{act} abgegriffen. Über das nun bekannte Eingießvolumen V_{act} wird in der Ausgießkennlinie B die entsprechende Gießlöffelneigung G_{act} abgegriffen. Die Gießautomat-Steuerung 32 stellt darüber die erforderliche Neigung G , K für Gießlöffel und Kokille ein.

[0040] Fig. 4 zeigt einen Verfahrensablauf, wobei die Kokille 14 von der unabhängigen, externen Steuerung 33 gesteuert wird. In diesem Fall wird davon ausgegangen, dass die Kokillenneigung K [°Grad] nicht exakt eingestellt werden muss und die Kokille 14 von einer externen Steuerung 33 zeitgesteuert nachgestellt wird. Die aktuelle Stellung der Kokille 14 wird von dem daran angekoppelten Positionsgeber 34 erfasst und an die Gießautomat-Steuerung übertragen.

[0041] In diesem Fall kommen nur die Eingießkennlinie A und die Ausgießkennlinie B zur Anwendung. Über die kontinuierlich verlaufende Gießzeit t [sec] wird aus der Eingießkennlinie A die Volumenmenge V_{act} entnommen und über die Ausgießkennlinie B die Gießlöffelstellung G_{act} entnommen. Das Nachführen des Gießautomaten bzw. Roboters 16 erfolgt durch eine kinematische Transformation, die die aktuelle Stellung der Kokille 14 gemäß Positionsgeber 34 berücksichtigt (Conveyor Synchronisation). Dabei wird eine Schnaupe 36 des Gießlöffels 18 als TCP (Tool Center Point) ohne Orientierung so nachgeführt, dass die Schnaupe 36 des Gießlöffels 18 immer über eine Einfüllöffnung der Kokille 14 bewegt wird. Die zusätzlich erforderliche Neigung G des Gießlöffels 18 und somit die Dosierung erfolgt über Gießlöffelneigung G_{act} aus der Ausgießkennlinie D.

[0042] In beiden Fällen bewegt das Automationsgerät 10 den Gießlöffel 18 so, dass die Gießlöffelposition immer optimal zur Einfüllöffnung der Kokille nachgeführt wird. Zwischen den diskret abgegriffenen Kennlinienwerten werden jeweils Zwischenwerte interpoliert und von der Gießautomat-Steuerung 32 an den Kokillenantrieb 30 und/oder Gießlöffelantrieb 16 ausgegeben, so dass eine kontinuierliche Bewegung generiert wird.

[0043] Bei der automatischen Bewegungsgenerierung für den Roboter können zwei verschiedene Verfahren zur Anwendung kommen.

[0044] Bei einer Offline-Programmierung erzeugt ein Algorithmus aus den oben genannten Informationen ein Bewegungsprogramm für den Roboter 16. Hierbei werden Zwischenpositionen mit jeweils einer Geschwindigkeitsvorgabe für jede Zwischenposition generiert. Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass das generierte Programm

archiviert, manuell verändert und ggfs. auf andere Roboter bzw. Gießautomaten übertragen werden kann.

[0045] Bei der Online-Bewegungsgenerierung wird aus den gegebenen Kennlinientabellen bzw. Kennlinienwerten über den Zeitverlauf kontinuierlich die erforderliche Stellung des Gießlöffels 18 ermittelt und am Roboter bzw. Gießautomaten eingestellt. Dabei werden die anderen Achsen 20, 22, 24, 26, 28 des Roboters durch eine kinematische Transformation so nachgeführt, dass die Schnaupe 36 des Gießlöffels 18 eine definierte Bahnbewegung (Gießbewegung) ausführt. Eine veränderte Neigung K der Kokille 14 geht ebenfalls in die Berechnung der Roboterbewegung ein.

[0046] Das vorgestellte Verfahren bietet den Vorteil, dass nach einem Austausch des Gießlöffels 18 oder bei Verwendung unterschiedlicher Gießlöffelgeometrien die Steuerung, nach einer automatischen Kalibrierung, selbstständig eine Bewegung für den Roboter bzw. Gießautomaten berechnen kann.

[0047] Zu der Kokillenkenlinie B ist anzumerken, dass diese im Falle einer nicht gekippten Kokille 14 eine Gerade z. B. bei einem Kippwinkel um 0° darstellt.

25 Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung einer Ausgießbewegung eines Gießlöffels (18) zum Ausgießen eines Schmelzgutes (12) wie Metallschmelze in eine Gießform (14) wie Kokille, wobei eine gießformspezifische Eingießkennlinie (A) in Abhängigkeit eines in die Gießform (14) eingegossenen Schmelzgutvolumens (12) über dem Zeitverlauf vorgegeben und gespeichert wird,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Verfahren folgende Verfahrensschritte umfasst:

- Ermittlung einer gießlöffelspezifischen Ausgießkennlinie (B) als Funktion eines aus dem Gießlöffel (18) ausgegossenen Schmelzgutvolumens (12) über der Neigung (G) des Gießlöffels (18) und Speichern der zumindest einen Ausgießkennlinie (B),
- automatische Generierung des zeitlichen Verlaufs der Ausgießbewegung, wobei auf der Grundlage der Eingießkennlinie (A) zu jedem Zeitpunkt das notwendige Eingießschmelzgutvolumen bestimmt wird, welches einem optimalen Ausgießschmelzgutvolumen gleichgesetzt wird, dem über die Ausgießkennlinie (B) eine optimale Neigung (G) des Gießlöffels (18) zu jedem Zeitpunkt zugeordnet ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Eingießkennlinie (A) als Funktion des eingegossenen Schmelzgutvolumens (12) über dem

Zeitverlauf, d. h. akkumuliertes Volumen, von einer Simulationssoftware oder manuell vorgegeben wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Ausgießkennlinie (B) als Funktion des ausgegossenen Schmelzgutvolumens (12) über der Gießlöffelneigung empirisch ermittelt wird, wobei in einem automatischen Kalibriervorgang ein vollbefüllter Gießlöffel in Einzelschritten schrittweise bis zur vollständigen Entleerung geneigt wird und während der Kippbewegung die ausgegossene Materialmenge von einer elektronischen Waage gemessen und die Messwerte an eine Steuerung (32) übertragen werden, wobei in der Steuerung (32) die Messwerte protokolliert werden und unter Kenntnis des schmelzgutspezifischen Volumengewichts daraus die Ausgießkennlinie (B) über das (akkumulierte) Materialvolumen erstellt wird.
4. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Ausgießkennlinie (B) als Funktion des ausgegossenen Schmelzgutvolumens (12) über der Gießlöffelneigung, d. h. akkumuliertes Volumen, unter Kenntnis der Gießlöffelgeometrie wie 3D-Modell und unter Voraussetzung eines stets waagrecht liegenden Schmelzgutspiegels analytisch berechnet wird.
5. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass nach einem Wechsel der Gießlöffelgeometrie die Ausgießkennlinie (B) entsprechend der neuen Gießlöffelgeometrie ermittelt wird.
6. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Gießform (14) während des Eingießvorgangs aus einer beispielsweise geneigten Anfangsstellung in eine beispielsweise senkrechte Endstellung bewegt wird, wobei der zeitliche Verlauf der Bewegung der Gießform (14) in einer Kennlinie (C) für die Kippbewegung (Gießformkennlinie) als Funktion der Gießformstellung über dem Zeitverlauf ermittelt und gespeichert wird.
7. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Gießformkennlinie (C) durch ein Simulationsverfahren ermittelt wird.
8. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Gießformkennlinie (C) insbesondere bei externer Steuerung durch Aufzeichnung der Gießformbewegung mit Hilfe eines angekoppelten Lagegebers (34) während eines realen Eingießvorgangs ermittelt wird.

9. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass sowohl die Ausgießbewegung des Gießlöffels (18) als auch die Bewegung der Gießform (14) von ein- und derselben Steuerung (32) gesteuert wird, wobei der Eingießkennlinie (A) und der Gießformkennlinie (C) eine gemeinsame Zeitachse zu Grunde liegen, wobei ausgehend von der Eingießkennlinie (A) zu jedem Zeitpunkt während des Eingießvorgangs aus der Gießformkennlinie (C) die erforderliche Gießformstellung und ausgehend von dem optimalen Eingießvolumen über die Ausgießkennlinie (B) die entsprechende Gießlöffelneigung (G) ermittelt wird, wodurch eine automatische Steuerung der Neigung des Gießlöffels und der Gießform erfolgt.
10. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Gießform von einer unabhängigen Steuerung (33) gesteuert wird, wobei die aktuelle Stellung der Gießform (14) von einem daran angekoppelten Positionsgeber (34) erfasst und an die Steuerung (32) des Gießlöffels (18) übertragen wird, wobei aus der Eingießkennlinie (A) zu jedem Zeitpunkt ein Eingießschmelzvolumen entnommen und über das zugehörige Ausgießschmelzvolumen mittels der Ausgießkennlinie (B) die zugehörige Gießlöffelstellung ermittelt wird, wobei das Nachführen der Ausgießbewegung des Gießlöffels (18) durch eine kinematische Transformation erfolgt, wobei die aktuelle Stellung der Gießform (14) berücksichtigt wird und wobei ein Tool Center Point so nachgeführt wird, dass eine Schnaupe (36) des Gießlöffels immer über eine Einfüllöffnung der Gießform bewegt wird.
11. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass zwischen diskret abgegriffenen Kennlinienwerten jeweils Zwischenwerte interpoliert werden und von der Steuerung (32) des Gießautomaten an einen Antrieb (30) der Gießform (14) und/oder einen Gießlöffelantrieb (20) ausgegeben werden, so dass sich eine kontinuierliche Bewegung ergibt.
12. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine Offline-Programmgenerierung durchge-

führt wird, wobei über einen Algorithmus aus Informationen der Eingießkennlinie (A), Ausgießkennlinie (B) und ggfs. Gießformkennlinie (C) ein Bewegungsprogramm für die Steuerung des Automationsgeräts erzeugt wird.

13. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine Online-Bewegungsgenerierung, durchgeführt wird, wobei aus den gegebenen Kennlinien-
 daten bzw. Kennlinientabellen über dem Zeitverlauf
 kontinuierlich die erforderliche Stellung des Gießlöff-
 fels (18) und/oder der Gießform (14) ermittelt und
 durch die Steuerung (32) des Automatisierungsge-
 räts wie Gießautomat sofort eingestellt wird.

Claims

1. Method for controlling a pouring-out movement of a casting ladle (18) for pouring out a molten material (12) such as molten metal into a casting mold (14) such as an ingot mold, where a pouring-in characteristic (A) specific to the casting mold as a function of a molten material volume (12) poured into the casting mold (14) over the time axis is preset and saved, wherein the method comprises the following method steps:

- determination of a pouring-out characteristic (B) specific to the casting ladle as a function of a molten material volume (12) poured out of the casting ladle (18) over the tilt (G) of the casting ladle (18), and saving of at least one pouring-out characteristic (B),
- automatic generation of the time axis of the pouring-out movement, where on the basis of the pouring-in characteristic (A) the necessary poured-in molten material volume is determined at any time and matched to an optimum poured-out molten material volume, to which an optimum tilt (G) of the casting ladle (18) is assigned at any time over the pouring-out characteristic (B).

2. Method according to Claim 1,
 wherein
 the pouring-in characteristic (A) is preset by a simulation software or manually as a function of the poured-in molten material volume (12) over the time axis, i.e. accumulated volume.
3. Method according to Claim 1 or 2,
 wherein
 the pouring-out characteristic (B) is empirically determined as a function of the poured-out molten material volume (12) over the casting ladle tilt, where in

an automatic calibration operation a fully filled casting ladle is gradually tilted in individual steps until it is completely empty and the poured-out material quantity is weighed during the tilting movement by an electronic scale and the values measured are transmitted to a control unit (32), where the values measured are recorded in the control unit (32) and, with knowledge of the volumetric weight specific to the molten material, the pouring-out characteristic (B) over the (accumulated) material volume is obtained from them.

4. Method according to at least one of the preceding claims,
 wherein
 the pouring-out characteristic (B) is analytically calculated as a function of the poured-out molten material volume (12) over the casting ladle tilt, i.e. accumulated volume, with knowledge of the casting ladle geometry such as a 3D model and assuming a constantly horizontal molten material level.

5. Method according to at least one of the preceding claims,
 wherein
 after a change in the casting ladle geometry the pouring-out characteristic (B) is determined in accordance with the new casting ladle geometry.

6. Method according to at least one of the preceding claims,
 wherein
 the casting mold (14) is moved during the pouring-in operation from a, for example, tilted initial position into a, for example, vertical end position, where the time axis of the movement of the casting mold (14) is determined and saved in a characteristic (C) for the tilting movement (casting mold characteristic) as a function of the casting mold position over the time axis.

7. Method according to at least one of the preceding claims,
 wherein
 the casting mold characteristic (C) is determined by a simulation method.

8. Method according to at least one of the preceding claims,
 wherein
 the casting mold characteristic (C) is determined in particular in the case of external control by recording the casting mold movement with the aid of a connected position sensor (34) during an actual pouring-in operation.

9. Method according to at least one of the preceding claims,

wherein

both the pouring-out movement of the casting ladle (18) and the movement of the casting mold (14) are controlled by the same control unit (32), where the pouring-in characteristic (A) and the casting mold characteristic (C) are based on a common time axis, where proceeding from the pouring-in characteristic (A) the required casting mold position is determined from the casting mold characteristic (C) at any time during the pouring-in operation and proceeding from the optimum pouring-in volume the appropriate casting ladle tilt (G) is determined from the pouring-out characteristic (B), so that automatic control of the tilt of the casting ladle and of the casting mold is achieved.

10. Method according to at least one of the preceding claims,
wherein

the casting mold is controlled by an independent control unit (33), where the current position of the casting mold (14) is detected by a position sensor (34) connected thereto and transmitted to the control unit (32) of the casting ladle (18), where a poured-in molten material volume is obtained from the pouring-in characteristic (A) at any time and the associated casting ladle position is determined using the associated poured-out molten material volume by means of the pouring-out characteristic (B), where the tracking of the pouring-out movement of the casting ladle (18) is achieved by a kinematic transformation, where the current position of the casting ladle (14) is taken into account and where a tool center point is tracked such that a spout (36) of the casting ladle is always moved over a filling opening of the casting mold.

11. Method according to at least one of the preceding claims,
wherein

intermediate values are interpolated between discretely recorded characteristic values and are transmitted by the control unit (32) of the casting machine to a drive unit (30) of the casting mold (14) and/or to a casting ladle drive unit (20), so that a continuous movement is achieved.

12. Method according to at least one of the preceding claims,
wherein

an offline program generation is conducted, where a movement program for controlling the automation equipment is generated using an algorithm made up of information on the pouring-in characteristic (A), the pouring-out characteristic (B) and if required the casting mold characteristic (C).

13. Method according to at least one of the preceding claims,

wherein

an online movement generation is conducted, where the required position of the casting ladle (18) and/or the casting mold (14) is continuously determined from the given characteristic data or characteristic tables over the time axis and is immediately set by the control unit (32) of the automation equipment such as the casting machine.

Revendications

1. Procédé pour guider un mouvement de coulage d'une louche à coulée (18) afin de couler un matériau fondu (12), tel que du métal fondu, dans un moule (14) tel qu'une coquille, sachant qu'est prédéfinie et enregistrée une courbe caractéristique d'injection (A) spécifique au moule en fonction d'un volume de matériau fondu (12) injecté dans le moule (14) par rapport l'axe de temps,

caractérisé en ce

que le procédé comprend les étapes suivantes :

- détermination d'une courbe caractéristique de coulage (B) spécifique à la louche à coulée en tant que fonction d'un volume de matériau fondu (12) coulé depuis la louche à coulée (18) par rapport à l'inclinaison (G) de la louche à coulée (18), et enregistrement de l'au moins une courbe caractéristique de coulage (B),
- génération automatique du déroulement chronologique du mouvement de coulage, sachant que, sur la base de la courbe caractéristique d'injection (A), est déterminé à chaque instant le volume requis de matériau fondu à injecter, qui est assimilé à un volume optimal de matériau fondu à couler, auquel est associé à chaque instant par le biais de la courbe caractéristique de coulage (B) une inclinaison optimale (G) de la louche à coulée (18).

2. Procédé selon la revendication 1,

caractérisé en ce

que la courbe caractéristique d'injection (A) est prédéfinie par un logiciel de simulation ou manuellement comme fonction du volume de matériau fondu injecté (12) par rapport au temps, c.-à-d. du volume cumulé.

3. Procédé, selon la revendication 1 ou 2,

caractérisé en ce

que la courbe caractéristique de coulage (B) est déterminée empiriquement comme fonction du volume de matériau fondu coulé (12) par rapport à l'inclinaison de la louche à coulée, sachant que dans une opération de calibrage automatique, une louche à coulée entièrement pleine est progressivement inclinée pas à pas jusqu'à être entièrement vide, que pendant le basculement, la quantité de matériau

coulée est mesurée par une balance électronique et les valeurs mesurées sont transmises à une commande (32), que les valeurs mesurées sont consignées dans la commande (32) et qu'à partir d'elles, la densité spécifique du matériau fondu étant connue, est établie la courbe caractéristique de coulage (B) en fonction du volume (cumulé) de matériau.

4. Procédé selon au moins une des revendications précédentes,
caractérisé en ce
que la courbe caractéristique de coulage (B) est calculée analytiquement comme fonction du volume de matériau fondu coulé (12) par rapport à l'inclinaison de la louche à coulée, c.-à-d. du volume cumulé, la géométrie de la louche à coulée étant connue, par exemple sous forme d'un modèle 3D, à la condition que la surface du matériau fondu reste constamment horizontale. 5 10
5. Procédé selon au moins une des revendications précédentes,
caractérisé en ce
qu'après un changement de géométrie de la louche à coulée, la courbe caractéristique de coulage (B) est déterminée en fonction de la nouvelle géométrie de la louche à coulée. 15 25
6. Procédé selon au moins une des revendications précédentes,
caractérisé en ce
que pendant l'injection, le moule (14) est mis en mouvement depuis une position initiale par exemple inclinée vers une position finale par exemple verticale, sachant que le déroulement chronologique du mouvement du moule (14) est déterminé et enregistré dans une courbe caractéristique (C) pour le mouvement de basculement (courbe caractéristique du moule) en tant que fonction de la position du moule par rapport au temps. 30 35 40
7. Procédé selon au moins une des revendications précédentes,
caractérisé en ce
que la courbe caractéristique du moule (C) est déterminée par un procédé de simulation. 45
8. Procédé selon au moins une des revendications précédentes,
caractérisé en ce
que, notamment en présence d'une commande externe, la courbe caractéristique du moule (C) est déterminée par enregistrement du mouvement du moule à l'aide d'un capteur de position connecté (34) pendant une injection réelle. 50 55
9. Procédé selon au moins une des revendications précédentes,

caractérisé en ce

que le mouvement de coulage de la louche à coulée (18) ainsi que le mouvement du moule (14) sont guidés par une seule et même commande (32), sachant que la courbe caractéristique d'injection (A) et la courbe caractéristique du moule (C) reposent sur une base de temps commune, et que selon la courbe caractéristique d'injection (A), la position requise du moule est déterminée à chaque instant pendant l'injection à partir de la courbe caractéristique du moule (C), et que selon le volume optimal d'injection, l'inclinaison correspondante (G) de la louche à coulée est déterminée par la courbe caractéristique de coulage (B), si bien qu'a lieu une commande automatique de l'inclinaison de la louche à coulée et du moule.

10. Procédé selon au moins une des revendications précédentes,
caractérisé en ce
que le moule est guidé par une commande indépendante (33), sachant que la position momentanée du moule (14) est saisie par un capteur de position (34) connecté à ladite commande puis transmise à la commande (32) de la louche à coulée (18), que selon la courbe caractéristique d'injection (A) est prélevé à chaque instant un volume de matériau fondu à injecter, et que par le biais du volume de coulage correspondant est déterminée la position correspondante de la louche à coulée au moyen de la courbe caractéristique de coulage (B), sachant que la poursuite du mouvement de coulage de la louche à coulée (18) est assurée par une transformation cinématique, que la position momentanée du moule (14) est prise en compte, et qu'un point central de l'outil est guidé de manière telle qu'un bec (36) de la louche à coulée est toujours mis en mouvement au-dessus d'un orifice de remplissage du moule. 20 25 30 35 40
11. Procédé selon au moins une des revendications précédentes,
caractérisé en ce
qu'entre des valeurs de courbes caractéristiques prélevées de manière discrète, des valeurs intermédiaires respectives sont interpolées et délivrées par la commande (32) du robot de coulage à un entraînement (30) du moule (14) et/ou à un entraînement (20) de la louche à coulée de manière telle qu'a lieu un mouvement continu. 45 50
12. Procédé selon au moins une des revendications précédentes,
caractérisé en ce
qu'est effectuée une génération de programmes hors ligne lors de laquelle est créé un programme de mouvement pour la commande de l'appareil d'automatisation à l'aide d'un algorithme issu d'informations de la courbe caractéristique d'injection 55

(A), de la courbe caractéristique de coulage (B) et, le cas échéant, de la courbe caractéristique du moule (C).

13. Procédé selon au moins une des revendications précédentes, 5

caractérisé en ce

qu'est effectuée une génération de mouvements en ligne, sachant qu'à partir des données caractéristiques ou des tableaux caractéristiques donnés, la position requise de la louche à coulée (18) et/ou du moule (14) est déterminée en continu en fonction du temps, et est immédiatement réglée par la commande (32) de l'appareil d'automatisation tel qu'un robot de coulage. 10 15

20

25

30

35

40

45

50

55

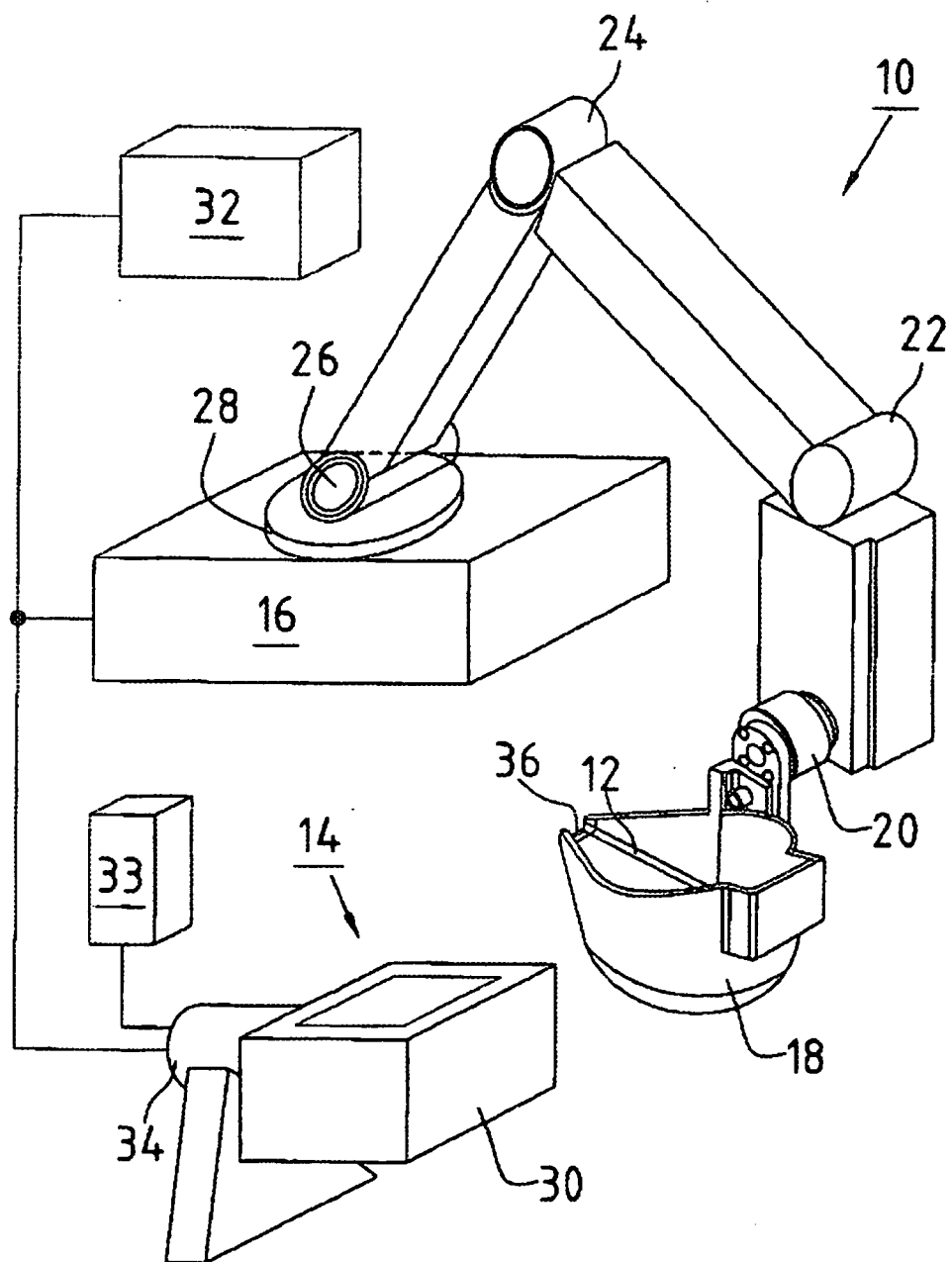


Fig.1

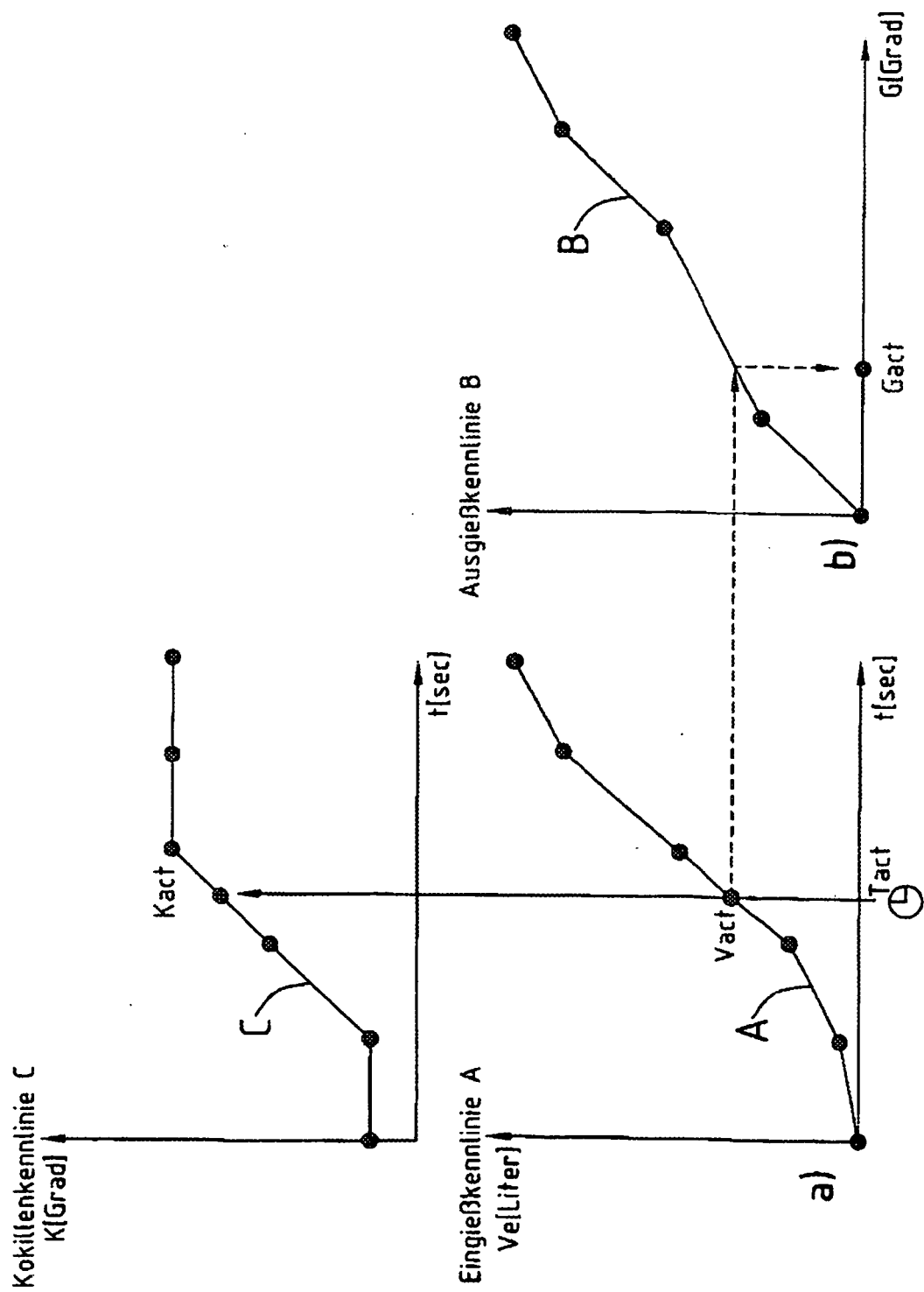


Fig.2

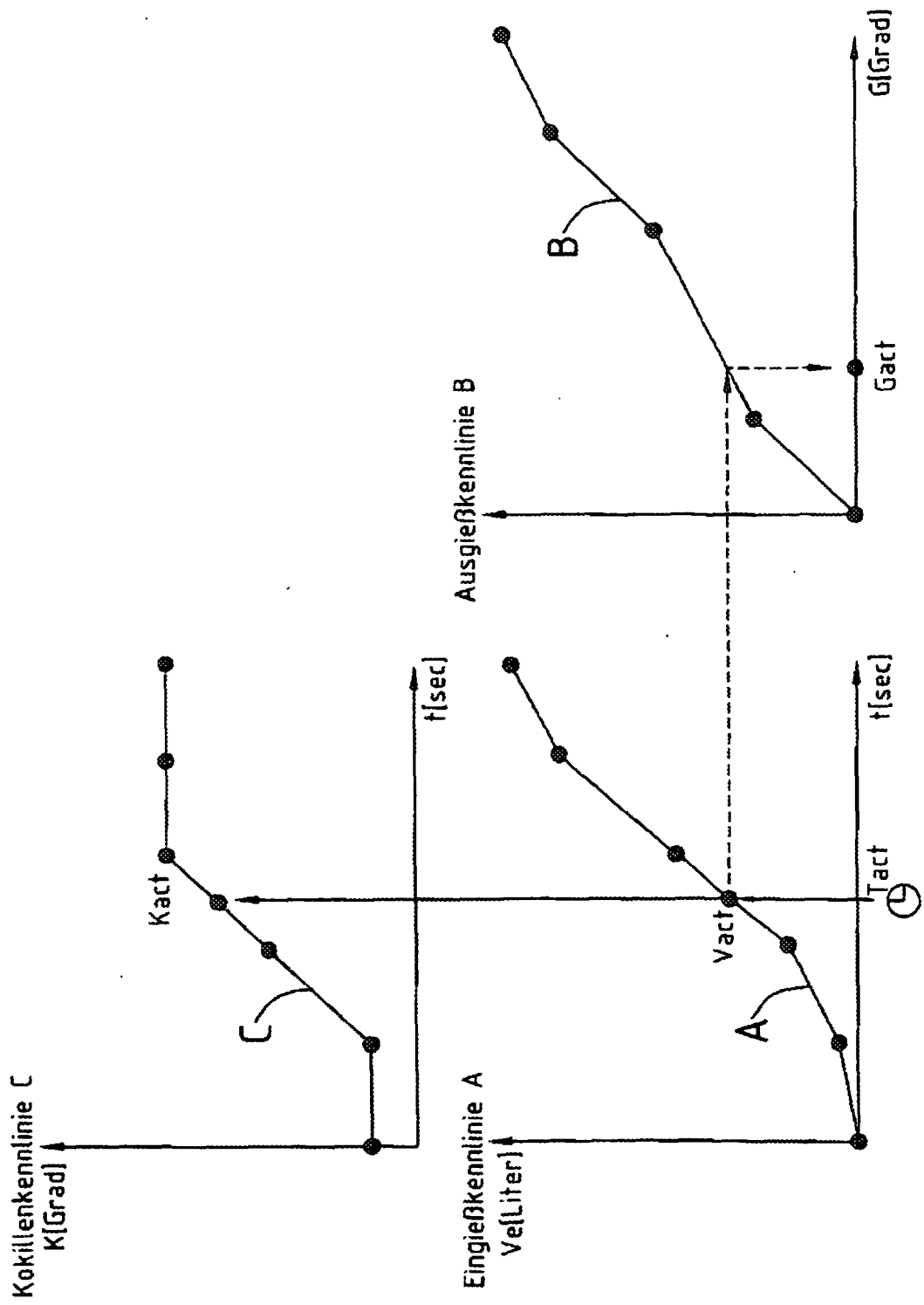
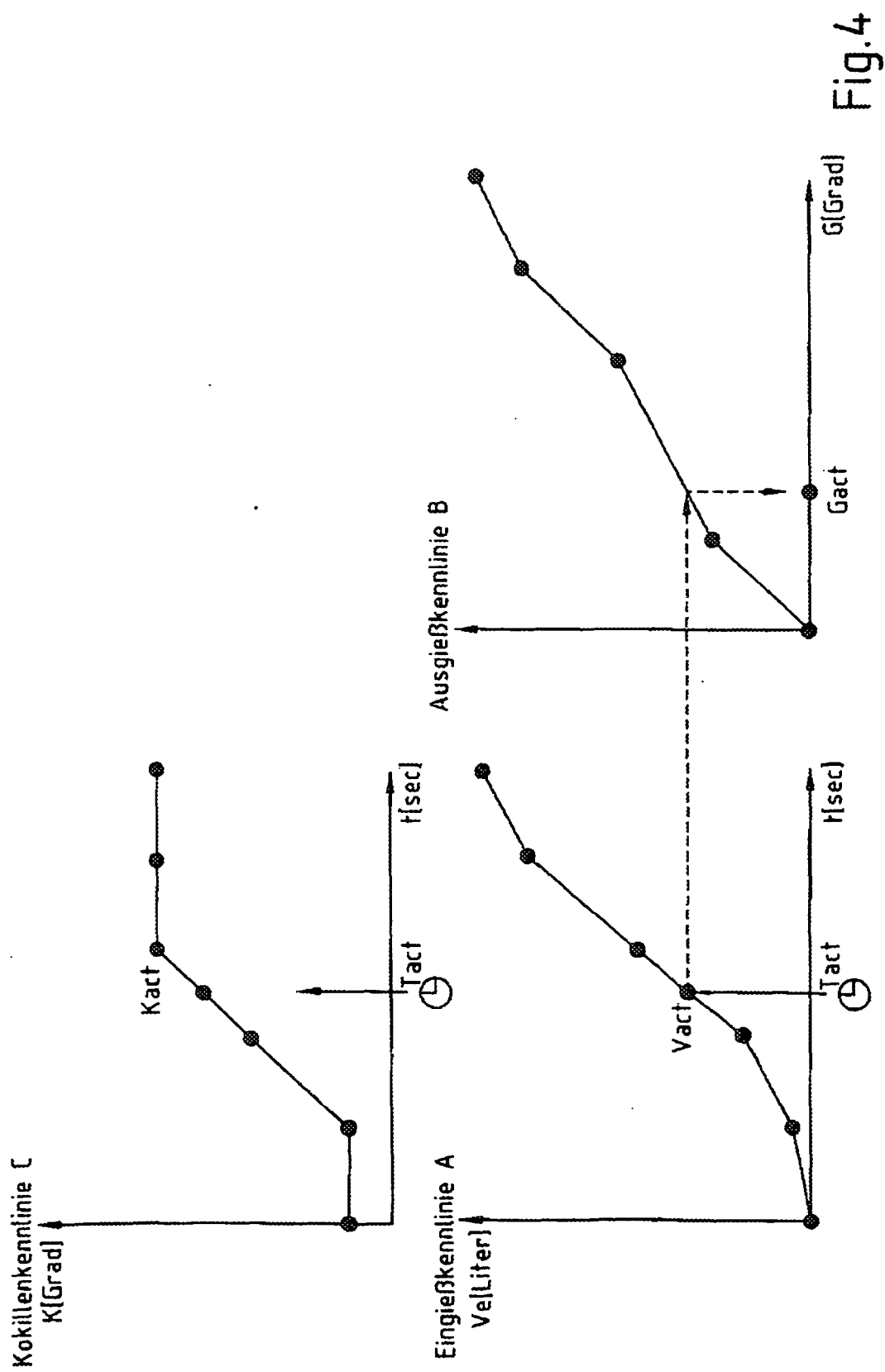


Fig.3



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102006034044 A [0002]
- WO 8504607 A [0003]
- DE 3223803 A1 [0004]
- JP 10058120 B [0004]
- JP 07227668 B [0004]