



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 072 340 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
31.01.2001 Patentblatt 2001/05

(51) Int Cl.7: **B22D 17/32**

(21) Anmeldenummer: **99810679.3**

(22) Anmeldetag: **27.07.1999**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(71) Anmelder: **Alusuisse Technology & Management
AG (Alusuisse Technology & Management SA)
(Alusuisse Technology & Management Ltd.)
8212 Neuhausen am Rheinfall (CH)**

(72) Erfinder:
• **Arnold, Grégoire
3964 Muraz (CH)**
• **Bagnoud, Christoph
3968 Veyras (CH)**
• **Plata, Mirosław
1963 Vétroz (CH)**

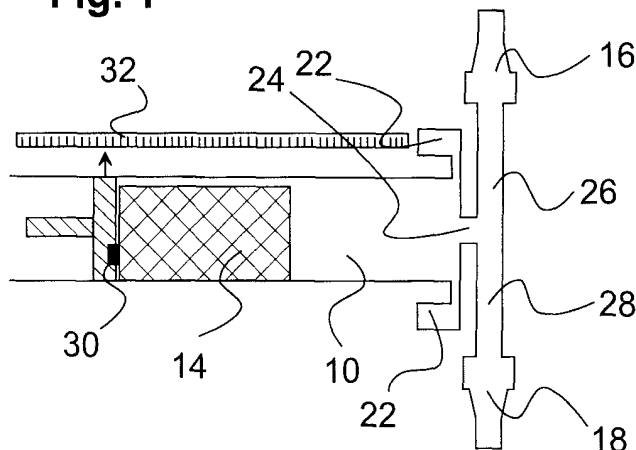
(54) **Verfahren zur Prozessüberwachung beim Druckgiessen oder Thixoformen von Metallen**

(57) Verfahren zur Prozessüberwachung beim Druckgiessen oder Thixoformen von Metallen (14, 15) in einer Druckgiess- oder Thixoformeinrichtung. Der zeitliche Verlauf des Pressdruckes $p(t)$ und die zeitabhängige Geschwindigkeit $v(t)$ des Giesskolbens (12) werden bestimmt. Aufgrund des zeitabhängigen Verlaufes des Pressdruckes $p(t)$ und der Giesskolbengeschwindigkeit $v(t)$ werden die durch den Giesskolben (12) zugeführte Energie $E(t)$ in Funktion der Prozesszeit t , sowie die während dem Druckgiess- bzw. Thixoformprozess durch den Giesskolben (12) zugeführte Gesamtenergie E_{tot} berechnet, wobei die Gesamtenergie

E_{tot} als Kennwert für die Überwachung des Druckgiess- oder Thixoformprozesses verwendet wird.

Druckgiess- oder Thixoformeinrichtung, insbesondere zum Druckgiessen oder Thixoformen von Aluminiumlegierungen, wobei die Druckgiess- oder Thixoformeinrichtung entweder Messvorrichtungen (30, 32) zur gleichzeitigen Bestimmung des prozesszeitabhängigen Pressdruckes $p(t)$ und der prozesszeitabhängigen Positionsbestimmung $s(t)$ des Giesskolbens (12) oder Messvorrichtungen (30, 32) zur gleichzeitigen Bestimmung des prozesszeitabhängigen Pressdruckes $p(t)$ und der prozesszeitabhängigen Geschwindigkeitsbestimmung $v(t)$ des Giesskolbens (12) aufweist.

Fig. 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Prozessüberwachung beim Druckgiessen oder Thixoformen von Metallen gemäss dem Oberbegriff von Anspruch 1. Die Erfindung betrifft weiter eine Druckgiess- oder Thixoformeinrichtung entsprechend dem Oberbegriff des Anspruchs 12.

[0002] Insbesondere von der Automobilindustrie werden immer höhere Anforderungen an die Toleranzen und an die mechanischen Eigenschaften von Druckguss- und Thixoformteilen gestellt. Zur Erzielung dieser hohen Qualitätsanforderungen ist eine möglichst vollständige Überwachung der Verfahrensparameter sowie deren Reproduzierbarkeit von grosser Bedeutung.

[0003] Für die Kontrolle eines Druckgiess- oder Thixoformprozesses sind einerseits der Zustand des in die Giesskammer eingefügten Metalles und andererseits die Parameter des Druckgiess- oder Thixoformprozesses massgebend. Um den Druckgiess- oder Thixoformprozess zu optimieren bzw. allfällige, für die Prozessstabilität und Reproduzierbarkeit kritischen Parameter zu evaluieren, müssen möglichst alle Parameter erfasst werden, welche den Prozess beeinflussen können.

[0004] Ein wesentlicher Faktor für die Erreichung einer hohen Reproduzierbarkeit und Prozessstabilität ist der Zustand des thixotropen Metallbolzens bzw. der Druckgusslegierung beim Einführen in die Giesskammer, wobei die Temperatur des thixotropen Bolzens bzw. der Druckgusslegierung eine sehr wichtige Grösse darstellt.

[0005] Zur Kontrolle und Überwachung des Druckgiess- oder Thixoform-Prozesses können Temperaturmessungen in der Legierungsschmelze bzw. im Innern des thixotropen Metallbolzens während dem Aufheizprozess vorgenommen werden, wobei die Temperaturverteilung beispielsweise mittels Thermoelementen an verschiedenen Schmelzen- bzw. Bolzen-Positionen (innerhalb des Bolzens und am Bolzenrand) bestimmt wird. Dabei werden üblicherweise die für die einzelnen Messpositionen relevanten Aufheizkurven, d.h. Temperatur in Funktion der Aufheizzeit, ermittelt.

[0006] Während für die Überwachung von Legierungsschmelzen für das Druckgiessen im wesentlichen die Temperaturmessung verwendet wird, bildet die Messung der während dem Vorheizen zugeführten, elektrischen Heizenergie eine weitere Möglichkeit zur Überwachung des Bolzenzustandes beim Thixoformen.

[0007] Für die Überwachung eines Thixoformprozesses können zudem am thixotropen Bolzen metallographische Prüfungen zur Bestimmung der Verteilung des Flüssiganteils durchgeführt werden, beispielsweise indem der Bolzen an verschiedenen Längspositionen quer zu seiner Längsachse aufgeschnitten und der Flüssiganteil im Bolzenquerschnitt, beispielsweise in Funktion des Abstandes von der Bolzenmitte, bestimmt wird. Ziel solcher Untersuchungen ist die Optimierung der Aufheizkurven derart, dass in möglichst kurzer Zeit ein vorbestimmter Flüssiganteil möglichst homogen im ganzen thixotropen Bolzen erreicht wird. Im Weiteren können zur Bestimmung des gemittelten Flüssiganteils kalorimetrische Messungen durchgeführt werden.

[0008] Hinsichtlich der Parameter des Druckgiess- oder Thixoformprozesses werden üblicherweise die Temperaturen der Giesskammer, der Eingusskanäle und der Formkavität gemessen, sowie der Druck und die Feuchtigkeit in der evakuierten Formkavität ermittelt.

[0009] Die bisher übliche Bestimmung der Parameter bezüglich des Druckguss- bzw. Thixoform-Materials und des Druckgiess- bzw. Thixoformprozesses sind aufwendig und eignen sich nicht für die Überwachung des Druckgiess- oder Thixoformprozesses unter Produktionsbedingungen.

[0010] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Prozessüberwachung beim Druckgiessen oder Thixoformen von Metallen zu schaffen, mit dem die Herstellung von Druckguss- oder Thixoformteilen unter Produktionsbedingungen zuverlässig überwacht werden kann.

[0011] Zur erfindungsgemässen Lösung dieser Aufgabe führt, dass der zeitliche Verlauf des Pressdruckes $p(t)$ gemessen und die zeitabhängige Geschwindigkeit des Giesskolbens $v(t)$ bestimmt wird, und die durch den Giesskolben zugeführte Energie $E(t)$ in Funktion der Prozesszeit t , sowie die während dem Druckgiess- bzw. Thixoformprozess durch den Giesskolben zugeführte Gesamtenergie E_{tot} aufgrund des zeitabhängigen Verlaufes des Pressdruckes $p(t)$ und der Giesskolbengeschwindigkeit $v(t)$ berechnet wird, und die Gesamtenergie E_{tot} als Kennwert für die Überwachung des Druckgiess- oder Thixoformprozesses verwendet wird.

[0012] Weitere Ausführungsformen des erfindungsgemässen Verfahrens sind in den abhängigen Ansprüchen 2 bis 10 beschrieben. Das erfindungsgemässe Verfahren eignet sich insbesondere für das Druckgiessen oder Thixoformen von Aluminium, Aluminiumlegierungen oder Magnesiumlegierungen.

[0013] Das erfindungsgemässe Verfahren eignet sich besonders für Horizontal-Thixoformeinrichtungen und Horizontal-Druckgiessanlagen, d.h. Vorrichtungen, bei welchen die Giesskammer horizontal liegt.

[0014] Das erfindungsgemässe Verfahren beruht auf der Erkenntnis, dass die durch den Giesskolben zugeführte Gesamtenergie einen sehr relevanten Kontrollparameter des ganzen Druckgiess- oder Thixoformprozesses darstellt. Das erfindungsgemässe Verfahren zur Bestimmung der durch den Giesskolben zugeführten Energie und die Verwendung insbesondere des Gesamtenergiewertes als Kenngrösse für die Prozessüberwachung wird auch als RTIM-Verfahren (Real Time Injection Monitoring) bezeichnet.

[0015] Besonders relevant ist die Vorheiztemperatur und die entsprechende Temperaturverteilung im Metallbolzen

sowie das Mass der durch den Giesskolben zugeführten Energie beim Thixoformen, da dabei ein bestimmter, in einem engen Variationsbereich sich befindlicher Flüssiganteil im thixotropen Material eingehalten werden muss. Beispielsweise kann beim Thixoformen aus einer grossen, durch den Giesskolben zugeführten Gesamtenergie geschlossen werden, dass die Viskosität des thixotropen Materials zu tief ist, was entweder durch einen zu tiefen Flüssiganteil oder zu geringe Scherkräfte während dem Thixoformprozess bedingt sein kann.

[0016] Das erfindungsgemässe Verfahren erlaubt eine bessere Prozessstabilität, eine Optimierung der Prozessparameter, eine Verbesserung der Produktequalität und eine Verringerung der Ausschussrate.

[0017] Besonders bevorzugt findet das erfindungsgemässe Verfahren für das Thixoformen Anwendung. Dabei dient es insbesondere zur Festlegung des optimalen Flüssiganteils des thixotropen Metallbolzens unter Produktionsbedingungen. Der optimale, gemittelte Flüssiganteil im thixotropen Metallbolzen beträgt dabei 40-55 Gew.-%. Ist der Flüssiganteil zu hoch, geschieht das Thixoformen von thixotropem Material beinahe unter den gleichen Bedingungen wie das Druckgiessen von flüssigen Metalllegierungen, so dass beispielsweise der Vorteil einer geringen Schrumpfung von thixotropem Material beim Abkühlen in der Formkavität verloren geht, oder das Abscheren der den thixotropen Metallbolzen umgebenden Oxidhaut erschwert oder verunmöglicht wird. Zudem ist das formstabile Einlegen eines thixotropen Bolzens in die Giesskammer mit einem hohen Flüssiganteil schwierig und meistens nicht reproduzierbar.

[0018] Ein weiterer wichtiger Faktor beim Thixoformen ist die Homogenität des thixotropen Zustandes, d.h. die Verteilung des Flüssiganteils über die Bolzenlänge und den Bolzenquerschnitt, wobei diese Homogenität im Allgemeinen besser ist, je langsamer der Vorheizprozess durchgeführt wird; andererseits wird aus betriebswirtschaftlichen Gründen eine möglichst kurze Aufheizzeit gewünscht.

[0019] Im Rahmen der erfinderischen Tätigkeit wurde nun für das Thixoformen gefunden, dass mittels Bestimmung der durch den Giesskolben dem Thixoformmaterial zugeführten Gesamtenergie während eines Thixoformprozesses der nach der Vorheizung vorliegende Flüssiganteil sowie dessen Homogenität im thixotropen Bolzen indirekt überwacht werden kann.

[0020] Im weiteren eignet sich das erfindungsgemässe Verfahren insbesondere zur Überwachung der Vorheizöfen, d.h. durch die Bestimmung der Gesamtenergie für jeden Schuss, d.h. für jeden vollständigen Druckgiess- oder Thixoformprozess, mit thixotropen Bolzen oder Druckgussmaterial aus einem bestimmten Vorheizofen kann die Regelmässigkeit dieses Ofens eruiert und kontrolliert werden. Zudem kann durch die Bestimmung der Gesamtenergie für jeden Schuss mit thixotropen Bolzen oder Druckgussmaterial aus verschiedenen Vorheizöfen die Regelmässigkeit der Heizleistung der entsprechenden Öfen miteinander verglichen und überwacht werden.

[0021] Die Bestimmung der Gesamtenergie für jeden Schuss ermöglicht im Weiteren die Kontrolle von Vorerstarrungen. Vorerstarrungen, d.h. frühzeitige Material-Erstarrungen, können beispielsweise durch eine zu tiefe Giesskammer- und/oder Formtemperatur bedingt sein und sind der dadurch bedingten, üblicherweise schlechten Formteileigenschaften wegen unerwünscht. Durch die Möglichkeit der Eruiierung von Vorerstarrungen lassen sich indirekt auch die Temperaturen der Giesskammer und der Giessform kontrollieren. Zudem lassen sich indirekt auch Aussagen über das Design der Formkavität machen.

[0022] Im Weiteren ermöglicht die Bestimmung der Gesamtenergie für jeden Schuss auch Untersuchungen von Druckverlusten während dem Schuss infolge beispielsweise tribologischer Eigenschaften und ermöglicht somit den Erhalt von Informationen über die Reibung vom Giesskolben, den mechanischen Zustand von Giesskolben und/oder der Giesskammer, die Kolbensmierung und den Trennmiteleinfluss. Demnach dient die Bestimmung der durch den Giesskolben dem System zugeführten Gesamtenergie während einem Schuss auch zur Überwachung der tribologischen Verhältnisse bezüglich Giesskolben und Giesskammer.

[0023] Erfindungsgemäss kann die prozesszeitabhängige Geschwindigkeit $v(t)$ des Giesskolbens entweder direkt gemessen oder durch Messung der prozesszeitabhängigen Giesskolbenposition $s(t)$ ermittelt werden.

[0024] Aufgrund der zeitabhängigen Positionsmessung $s(t)$ des Giesskolbens lässt sich die zeitabhängige Geschwindigkeit $v(t)$ des Giesskolbens gemäss der Funktion

$$v(t) = ds(t)/dt$$

berechnen, d.h. durch Ableitung der zeitabhängigen Giesskolbenposition $s(t)$ nach der Zeit t . Die Berechnung der Geschwindigkeit des Giesskolbens aufgrund der Positionsmessung $s(t)$ wird zweckmässigerweise zu diskreten, beispielsweise äquidistanten Zeitpunkten vorgenommen. Zweckmässigerweise wird die Geschwindigkeit an 50 bis 800, bevorzugt an 180 bis 500 und insbesondere an 250 bis 400 diskreten Prozesszeitpunkten berechnet. Die derart bestimmten, diskreten Geschwindigkeitswerte werden bevorzugt durch numerische Verfahren gefiltert. Zudem wird vorzugsweise durch numerische Interpolationsmethoden eine stetige Geschwindigkeitskurve $v(t)$ berechnet.

[0025] Die durch den Giesskolben während zwei Prozesszeitpunkten t_x und t_y , wobei $t_x < t_y$, zugeführte, zeitabhängige Energie $E_{x,y}(t)$ kann dann gemäss der Integral-Funktion

$$E_{x,y}(t) = A \cdot \int_{t_x}^{t_y} p(t) \cdot v(t) dt$$

berechnet werden, wobei A die gegen das Strangguss- oder Thixoformmaterial gerichtete Fläche des Giesskolbens bezeichnet.

[0026] Die durch den Giesskolben zugeführte Energie E(t) in Funktion der Prozesszeit t lässt sich gemäss der Integral-Funktion

$$E(t) = A \cdot \int_{t_0}^t p(t) \cdot v(t) dt$$

und die während dem Druckgiess- bzw. Thixoformprozess durch den Giesskolben zugeführte Gesamtenergie E_{tot} durch die Integral-Funktion

$$E_{tot} = A \cdot \int_{t_0}^{t_4} p(t) \cdot v(t) dt$$

berechnen, wobei A die gegen das Druckguss- oder Thixoformmaterial gerichtete Fläche des Giesskolbens, t₀ den Anfangszeitpunkt t=0 des Druckgiess- oder Thixoformverfahrens und t₄ den Zeitpunkt bezeichnet, an dem der Giesskolben zum ersten Mal nach t₀ die Geschwindigkeit v(t)=0 annimmt. Zum Zeitpunkt t₄ ist der eigentliche Druckgiess- bzw. Thixoformprozess abgeschlossen und die Formkavität ist gefüllt. Um während dem Abkühlen des Formteils in der Formkavität eine Materialschrumpfung auszugleichen und eine entsprechende, unvollständige Formfüllung zu vermeiden, wird der Druck auf die Druckguss- bzw. Thixoformmasse üblicherweise auch nach t₄ noch für eine Weile aufrechterhalten, so dass der Giesskolben eine weitere translatorische Bewegung ausführen kann, wobei dann die Giesskolbengeschwindigkeit ein weiteres Mal auf Null fallen kann.

[0027] Anstelle der Messung der zeitabhängigen Giesskolbenposition s(t) kann der zeitabhängige Geschwindigkeitsverlauf v(t) direkt gemessen und für die Berechnung der durch den Giesskolben zugeführten Energie E(t) oder der Gesamtenergie E_{tot} verwendet werden.

[0028] Bevorzugt werden die Kolbenposition s(t) oder die Kolbengeschwindigkeit v(t) und der Verlauf des Pressdruckes p(t) während des ganzen Druckgiess- oder Thixoformverfahrens kontinuierlich gemessen.

[0029] Erfindungswesentlich ist weiter, dass die Messungen s(t) und p(t), oder v(t) und p(t), sowie die Berechnung von v(t), E(t) und E_{tot} on-line während dem Prozessablauf vorgenommen werden, so dass die Kenngrössen unmittelbar nach dem Schuss für entsprechende Korrekturmassnahmen zur Verfügung stehen, d.h. die Messungen von s(t) oder v(t) und p(t), sowie die Bestimmung von v(t) und E(t) erfolgt in Echtzeit. Zwischen zwei Schüssen steht ein Prozessfenster zur Verfügung, welches ein Eingreifen durch die Vornahme von Korrekturmassnahmen erlaubt, denn unmittelbar nach dem Schuss muss das Formteil weiter abgekühlt, die Form geöffnet, das Formteil aus der Druckgiess- oder Thixoformeinrichtung entnommen und die Giesskammer neu mit dem Druckguss- oder Thixoformmaterial beladen werden. Das Beladen der Giesskammer mit einem thixotropen Metallbolzen geschieht vorzugsweise mittels einem Roboter. Das Beladen der Giesskammer mit einer flüssigen Metalllegierung zum Druckgiessen geschieht beispielsweise durch Öffnen eines Ventils oder Stopfens in einer Giessrinne, so dass das flüssige Metall in die Giesskammer fließen kann.

[0030] Bevorzugt werden - neben der Gesamtenergie E_{tot}- auch die durch den Giesskolben zugeführten partiellen Energien E₁ bis E₄ für die folgenden Verfahrensschritte bestimmt:

- beim Thixoformen die durch den Giesskolben während der Dauer vom Zeitpunkt t₀ bis zum Zeitpunkt t₁ zugeführte partielle Energie E₁ für die Verschiebung des thixotropen Metallbolzens in der Giesskammer bis zum Anschlag des Metallbolzens am formseitigen Ende der Giesskammer, wobei t₁ den Zeitpunkt bezeichnet, an dem der Metallbolzen am Ende der Giesskammer auftrifft; für einen Druckgiessprozess beträgt die partielle Energie E₁ stets Null;
- beim Druckgiessen oder Thixoformen die durch den Giesskolben während der Dauer vom Zeitpunkt t₁ bis zum Zeitpunkt t₂ zugeführte partielle Energie E₂ für die Verformung des thixotropen Metallbolzens bzw. der Druckguss-

materials, wobei t_2 den Zeitpunkt bezeichnet, an dem das Druckguss- oder Thixoformmaterial auf seiner ganzen Länge den ganzen Giesskammerquerschnitt ausfüllt;

- beim Druckgiessen oder Thixoformen die durch den Giesskolben während der Dauer vom Zeitpunkt t_2 bis zum Zeitpunkt t_3 zugeführte partielle Energie E_3 für die Füllung der Eingusskanäle, wobei t_3 den Zeitpunkt bezeichnet, an dem die zwischen der Giesskammer und der Formkavität befindlichen Eingusskanäle allesamt vollständig gefüllt sind;
- beim Druckgiessen oder Thixoformen die durch den Giesskolben während der Dauer vom Zeitpunkt t_3 bis zum Zeitpunkt t_4 zugeführte partielle Energie E_4 für die Füllung der Formkavität, wobei t_4 den Zeitpunkt bezeichnet, an dem alle Teile der Formkavität vollständig gefüllt sind und die Geschwindigkeit des Giesskolbens auf Null gesunken ist, d.h. $v(t_4)=0$.

Insbesondere die Bestimmung der partiellen Energie E_1 erlaubt die Feststellung von Vorerstarrungen von Druckguss- oder Thixoformmaterial in der Giesskammer. Im weiteren gibt insbesondere E_1 auch Auskunft über die allgemeinen tribologischen Verhältnisse, d.h. beispielsweise Druckverluste aufgrund von Reibung, Verschleisserscheinungen und Schmierung, und dient somit beispielsweise zur Beurteilung des Trenn- und Schmiermitteleinflusses und ergibt zudem Informationen über die Reibung des Giesskolbens und dessen Schmierung.

[0031] Üblicherweise wird der Giesskolben von Druckgiess- oder Thixoformeinrichtungen durch hydraulische Mittel angetrieben. Bei derart ausgebildeten Druckgiess- oder Thixoformeinrichtungen wird der zeitabhängige Pressdruckverlauf $p(t)$ besonders vorteilhaft durch gleichzeitige Messung des zeitabhängigen Pressdruckverlaufes $p_{GK}(t)$ an der gegen das Druckguss- oder Thixoformmaterial gerichteten Giesskolbenfläche und durch Messung des Pressdruckverlaufes $p_{hyd}(t)$ in der Hydraulikflüssigkeit bestimmt, wobei für die Berechnung der durch den Giesskolben dem Druckguss- oder Thixoformmaterial zugeführten Energie bevorzugt der Pressdruckverlauf $p_{GK}(t)$ verwendet wird.

[0032] Da für die erfindungsgemässe Überwachung des Druckgiess- oder Thixoformprozesses und die entsprechende Prozesskontrolle nicht die absoluten Energiemengen $E(t)$, E_{tot} , E_1 bis E_4 wichtig sind, sondern im wesentlichen die entsprechenden Energiewerte für verschiedene Thixoformbolzen oder Druckgussmaterialmengen aus demselben Vorheizofen bzw. aus verschiedenen Vorheizöfen miteinander verglichen werden, kann für die Berechnung der Energiewerte $E(t)$, E_1 bis E_4 und E_{tot} auch der Pressdruckverlauf $p_{hyd}(t)$ verwendet werden.

[0033] $p_{hyd}(t)$ beschreibt den auf den Giesskolben ausgeübte Gesamt-Pressdruck. Dieser entspricht jedoch nicht dem auf das Druckguss- oder Thixoformmaterial ausgeübten Pressdruck, da der Giesskolben selbst einer gewissen Reibung in der Giesskammer ausgesetzt ist.

[0034] Deshalb erlaubt die gleichzeitige Messung von $p_{hyd}(t)$ und $p_{GK}(t)$ die Bestimmung des Druckverlustes $\Delta p = p_{hyd}(t) - p_{GK}(t)$ infolge der Reibung des Giesskolbens und erlaubt deshalb eine Aussage über den mechanischen Zustand der Giesskammer bzw. des Giesskolbens und der Schmierung des Giesskolbens.

[0035] Während E_{tot} die globale Kontrolle des gesamten Thixoform- oder Druckgiessprozesses erlaubt, liefern die partiellen Energiewerte E_1 bis E_4 Informationen über bestimmte Prozessparameter, wie dies im Falle von E_1 beispielsweise für vorstehend erläuterte tribologische Verhältnisse oder für die Feststellung von Vorerstarrungen beschrieben wurde. E_2 eignet sich beispielsweise für den Erhalt von Information bezüglich der erforderlichen Verformungsenergie und gibt beim Thixoformen beispielsweise Auskunft über den Bolzenzustand, d.h. ob der thixotrope Bolzen zu hart bzw. zu weich ist, bzw. ob der Flüssiganteil zu hoch oder zu tief ist. E_3 und E_4 andererseits eignen sich beispielsweise für die Überwachung des Einfüllverhaltens der Eingusskanäle bzw. der Formkavität und geben damit beispielsweise Auskunft über den Trennmittel-Einfluss und beim Thixoformen zusätzlich über die auf das thixotrope Material wirkenden Scherkräfte.

[0036] Bei Thixoform- oder Druckgiessprozessen mit einer erfindungsgemässen RTIM-Prozessüberwachung wird bevorzugt ein Protokoll pro Arbeitsschicht, welche üblicherweise in der Grössenordnung von 8 Stunden liegt, ausgedruckt, wobei bevorzugt die Anzahl fabrizierter Guss- oder Thixoformteile, d.h. die Schusszahl n , die partiellen Energien E_1 bis E_4 und die Gesamtenergie E_{tot} für jeden Schuss berechnet und auf dem Protokollausdruck ausgewiesen werden. Weiter bevorzugt werden die gemittelte Gesamtenergie $E_{tot,m}$ und die Standardabweichung σ_n für alle n Schüsse mit Druckguss- oder Thixoformmaterial aus demselben Vorheizofen ermittelt und ausgedruckt.

[0037] Die gemittelte Gesamtenergie $E_{tot,m}$ für eine Anzahl n von Schüssen mit Thixoform- oder Druckgussmaterial aus demselben Ofen k berechnet sich beispielsweise als arithmetischer Mittelwert zu:

$$E_{tot,m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_{tot,i}$$

[0038] Die Standardabweichung kann dann zu

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (E_{tot,i} - E_{tot,m})^2}$$

berechnet werden.

[0039] Weiter bevorzugt kann auch das relative Streuungsmass gemäss

$$\sigma_{rel} = 100\% \cdot \sigma_n^2 / E_{tot,m}$$

berechnet werden.

[0040] Anhand einer Begutachtung der resultierenden Formteile und dem entsprechenden Vergleich der Energiewerte E_{tot} und E_1 bis E_4 , sowie des Mittelwertes und der Standardabweichung kann dann geschlossen werden, welcher Energiebereich für den Erhalt einer ausreichenden Formteilqualität zulässig ist. Somit kann bezüglich der Energiewerte E_{tot} und E_1 bis E_4 je ein Sollwertbereich für den Thixoform- oder Druckgiessprozess festgelegt werden, welcher als Kenngrösse beispielsweise für einen Prozessunterbruch, einen Wechsel eines Vorheizofens, eine Kalibrierung der Heizleistung eines Vorheizofens, eine Korrektur der Giesskurve oder die Auslösung eines Überwachungs-Alarms verwendet werden kann.

[0041] Hinsichtlich der Vorrichtung liegt vorliegender Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Thixoform- oder Druckgiessvorrichtung bereitzustellen, welche die Überwachung des Herstellungsprozesses unter Produktionsbedingungen erlaubt.

[0042] Erfindungsgemäss wird dies durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen gemäss Anspruch 12 erreicht. Bevorzugte Weiterbildungen der erfindungsgemässen Vorrichtung werden in den abhängigen Ansprüchen 13 und 14 beschrieben.

[0043] Bevorzugt wird insbesondere eine erfindungsgemässe Druckgiess- oder Thixoformeinrichtung, bei welcher die Messvorrichtungen eine kontinuierliche Erfassung des zeitabhängigen Pressdruckes $p(t)$ und eine kontinuierliche Positionsmessung $s(t)$ erlauben.

[0044] Die Messvorrichtung zur Bestimmung der Position $s(t)$ kann weiter bevorzugt auch eine Vorrichtung zur Messung der zeitabhängige Geschwindigkeit $v(t)$ des Giesskolbens aufweisen, wobei die Position des Giesskolbens $s(t_x)$ zum Zeitpunkt t_x zu

$$s(t_x) = \int_{t=0}^{t_x} v(t) dt$$

bestimmt wird.

[0045] Die erfindungsgemässe Vorrichtung eignet sich insbesondere zum Thixoformen oder Druckgiessen unter Verwendung des erfindungsgemässen Verfahrens zur Prozessüberwachung.

[0046] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung der Figuren 1 bis 8 am Beispiel des Thixoformens, sowie anhand der Zeichnungen; diese zeigen schematisch in

- Fig. 1 bis 5 den zeitlichen Verfahrensablauf beim Thixoformen in einer Horizontal-Thixoformanlage;
- Fig. 6 und 7 Protokollausdrucke einer erfindungsgemässen RTIM-Prozessüberwachung;
- Fig. 8 eine graphische Protokoll Darstellung der gemessenen und berechneten Werte für das erfindungsgemässe RTIM-Verfahren.

[0047] Die Figuren 1 bis 5 zeigen einen vertikalen Längsschnitt entlang der Längsachse durch die Giesskammer einer Horizontal-Thixoformeinrichtung. Dabei ist die zylinderförmige Giesskammer 10 horizontal angeordnet und enthält einen Giesskolben 12, eine radialsymmetrische Oxidtasche 22, eine Eingussöffnung 24, zwei Eingusskanäle 26 und 28 sowie zwei sich daran anschliessende Formkavitäten 16 und 18.

[0048] Figur 1 zeigt die Thixoformeinrichtung zum Zeitpunkt $t_0=0$, wobei ein in einem Vorheizofen (nicht eingezeichnet) auf die erforderliche Temperatur gebrachter, thixotroper Metallbolzen 14 in die horizontal liegende Giesskammer

eingelegt und der Giesskolben 12 an den Bolzen herangeführt ist. In Figur 1 ist beispielhaft ein an die gegen den thixotropen Metallbolzen 14 gerichteten Giesskolbenfläche angebrachter Drucksensor 30 gezeigt. Zudem zeigt Figur 1 eine Positions- oder Geschwindigkeitsmessvorrichtung 32.

[0049] Figur 2 zeigt die Thixoformeinrichtung zum Zeitpunkt t_1 , an dem der thixotrope Metallbolzen 14 am formseitigen Ende 11 der Giesskammer 10 auftrifft. Da die Querschnittsfläche des zylinderförmigen, thixotropen Metallbolzens 14 kleiner als die Querschnittsfläche der Giesskammer 10 ist, füllt der thixotrope Bolzen 14 zum Zeitpunkt t_1 noch nicht den ganzen Giesskammerquerschnitt aus.

[0050] Figur 3 zeigt die Thixoformeinrichtung zum Zeitpunkt t_2 . Zu diesem Zeitpunkt hat der thixotrope Metallbolzen seine geometrische Gestalt verloren und liegt nun in Form einer Thixoformmasse 15 vor. Der Zeitpunkt t_2 bezeichnet somit den Zeitpunkt, an dem die Thixoformmasse oder das Thixoformmaterial 15 auf seiner ganzen Länge den ganzen Giesskammerquerschnitt ausfüllt, d.h. die Thixoformmasse 15 füllt den gesamten Raum zwischen Giesskolben 12 und dem formseitigen Ende 11 der Giesskammer 10 aus, wobei zum Zeitpunkt t_2 im wesentlichen noch kein thixotropes Material durch die Eingussöffnung 24, oder oxidisches Randmaterial in die Oxidtasche 22 geflossen ist.

[0051] Figur 4 zeigt die Thixoformeinrichtung zum Zeitpunkt t_3 . Der Zeitpunkt t_3 bezeichnet den Zeitpunkt, an dem die Eingussöffnung 24 sowie die Eingusskanäle 26 und 28 vollständig mit Thixoformmaterial 15 gefüllt sind. Die Oxidtasche 22, welche das in der Randschicht des thixotropen Metallbolzens 14 befindliche Oxidmaterial aufnimmt, ist bereits zum grössten Teil gefüllt.

[0052] Figur 5 zeigt die Thixoformeinrichtung zum Zeitpunkt t_4 . Der Zeitpunkt t_4 bezeichnet den Endzustand des eigentlichen Thixoformprozesses, d.h. den Zeitpunkt vor dem Öffnen der Form. Zum Zeitpunkt t_4 sind die Formkavitäten 16 und 18 vollständig mit Thixoformmasse 15 gefüllt und die Geschwindigkeit des Giesskolbens 12 ist auf Null gesunken. Während der nachfolgenden Abkühlungs- und Verfestigungsphase des Thixiformteiles kann der Giesskolbendruck für kurze Zeit aufrechterhalten werden, um eine Schrumpfung während dem Abkühlvorgang durch Nachschub von thixotropem Material auszugleichen, so dass der Giesskolben nach dem Zeitpunkt t_4 noch eine zusätzliche Bewegung ausführen kann. Zum Zeitpunkt t_4 ist in vorliegendem Beispiel auch die radialsymmetrisch ausgebildete Oxidtasche 22 vollständig mit oxidischen Bestandteilen der ursprünglichen Randschicht des thixotropen Bolzens 14 gefüllt.

[0053] In Figur 6 sind beispielhaft die berechneten Gesamtenergie-Werte von Thixoformprozessen einzelner thixotroper Metallbolzen aus demselben Vorheizofen, d.h. die Gesamtenergie-Werte einzelner Schüsse, derart dargestellt, dass auf der Ordinate die jeweilige Gesamtenergie und auf der Abszisse die Schussnummer in Form der entsprechenden Schusszeiten aufgetragen sind; die Schussnummer eines Schusses entspricht einem bestimmten Zeitpunkt t_x , so dass die Ordinate einer Zeitachse entspricht. Der bestimmte Zeitpunkt t_x kann dabei beliebig vordefiniert werden, d.h. er kann beispielsweise als Anfangszeitpunkt, an dem der Giesskolben für den Thixoformprozess gestartet wird, definiert werden. Als bestimmter Zeitpunkt t_x kann auch jeder beliebige andere, genau definierbare Zeitpunkt während eines Thixoformprozesses definiert werden. Für die in Figur 6 dargestellten Werte wurde der Start des Giesskolbens zu Beginn eines jeden Thixoformprozesses gewählt.

[0054] Die Teilfiguren a bis h von Figur 6 geben jeweils die ermittelten Gesamtenergie-werte für eine Anzahl von Schüssen wieder, wobei die Werte für die thixotropen Metallbolzen eines bestimmten Vorheizofens getrennt dargestellt sind, d.h. die Darstellungen a bis h geben jeweils die Werte für thixotrope Metallbolzen aus demselben Vorheizofen wieder.

[0055] In Figur 6 a sind die Gesamtenergien von 32 Schüssen mit thixotropen Bolzen, welche in einem Ofen Nr. 1 aufgeheizt wurden, dargestellt. Als bestimmter Zeitpunkt t_x wurde der Start des Giesskolbens zu Beginn eines jeden Thixoformprozesses gewählt. Die Darstellung umfasst Schüsse in einem Zeitraum von 19.47 Uhr abends bis um 2.37 Uhr des folgenden Tages. Die über alle 32 Schüsse gemittelte Gesamtenergie beträgt 26.01 kJ mit einem relativen Streuungsmass von $\pm 16\%$.

[0056] In Figur 6 b sind die Gesamtenergien von 46 Schüssen mit thixotropen Bolzen, welche in einem Ofen Nr. 5 aufgeheizt wurden, dargestellt. Die Darstellung umfasst Schüsse in einem Zeitraum von 19.06 Uhr abends bis um 2.51 Uhr des folgenden Tages. Die über alle 46 Schüsse gemittelte Gesamtenergie beträgt 31.97 kJ mit einem relativen Streuungsmass von $\pm 10\%$.

[0057] In Figur 6 c sind die Gesamtenergien von 47 Schüssen mit thixotropen Bolzen, welche in einem Ofen Nr. 6 aufgeheizt wurden, dargestellt. Die Darstellung umfasst Schüsse in einem Zeitraum von 18.59 Uhr abends bis um 2.34 Uhr des folgenden Tages. Die über alle 47 Schüsse gemittelte Gesamtenergie beträgt 23.91 kJ mit einem relativen Streuungsmass von $\pm 9\%$.

[0058] In Figur 6 d sind die Gesamtenergien von 48 Schüssen mit thixotropen Bolzen, welche in einem Ofen Nr. 7 aufgeheizt wurden, dargestellt. Die Darstellung umfasst Schüsse in einem Zeitraum von 19.00 Uhr abends bis um 2.36 Uhr des folgenden Tages. Die über alle 48 Schüsse gemittelte Gesamtenergie beträgt 30.58 kJ mit einem relativen Streuungsmass von $\pm 15\%$.

[0059] In Figur 6 e sind die Gesamtenergien von 42 Schüssen mit thixotropen Bolzen, welche in einem Ofen Nr. 9 aufgeheizt wurden, dargestellt. Die Darstellung umfasst Schüsse in einem Zeitraum von 19.01 Uhr abends bis um 2.28 Uhr des folgenden Tages. Die über alle 42 Schüsse gemittelte Gesamtenergie beträgt 23.53 kJ mit einem relativen

Streuungsmass von $\pm 16\%$.

[0060] In Figur 6 f sind die Gesamtenergien von 49 Schüssen mit thixotropen Bolzen, welche in einem Ofen Nr. 10 aufgeheizt wurden, dargestellt. Die Darstellung umfasst Schüsse in einem Zeitraum von 19.03 Uhr abends bis um 2.47 Uhr des folgenden Tages. Die über alle 49 Schüsse gemittelte Gesamtenergie beträgt 23.03 kJ mit einem relativen

Streuungsmass von $\pm 12\%$.
[0061] In Figur 6 g sind die Gesamtenergien von 47 Schüssen mit thixotropen Bolzen, welche in einem Ofen Nr. 11 aufgeheizt wurden, dargestellt. Die Darstellung umfasst Schüsse in einem Zeitraum von 19.04 Uhr abends bis um 2.39 Uhr des folgenden Tages. Die über alle 47 Schüsse gemittelte Gesamtenergie beträgt 20.38 kJ mit einem relativen

Streuungsmass von $\pm 8\%$.
[0062] In Figur 6 h sind die Gesamtenergien von 51 Schüssen mit thixotropen Bolzen, welche in einem Ofen Nr. 12 aufgeheizt wurden, dargestellt. Die Darstellung umfasst Schüsse in einem Zeitraum von 19.05 Uhr abends bis um 2.32 Uhr des folgenden Tages. Die über alle 51 Schüsse gemittelte Gesamtenergie beträgt 46.15 kJ mit einem relativen

Streuungsmass von $\pm 7\%$.
[0063] Figur 7 zeigt ein Balkendiagramm der gemittelten Gesamtenergien $E_{\text{tot},i}$ ($i=1\dots 12$, wobei i die Ofen-Nr. kennzeichnet) für die in Figur 6 dargestellten Thixoformversuche während einer Arbeitsschicht von ca. 8 Stunden, wobei jeweils noch die Standartabweichungen eingetragen sind. Jeder Balken in Figur 7 stellt somit die über alle Schüsse einer Arbeitsschicht gemittelte Gesamtenergie $E_{\text{tot},i}$ pro Schuss für thixotrope Metallbolzen aus Ofen-Nr. i dar.

[0064] Anhand der Begutachtung der resultierenden Formteile und dem entsprechenden Vergleich mit der gemittelten Gesamtenergie $E_{\text{tot},i}$ bzw. E_{tot} kann dann geschlossen werden, welcher Energiebereich für eine ausreichende Formteilqualität zulässig ist. Die Begutachtung der resultierenden Formteile kann beispielsweise durch optische oder mikroskopische Beurteilung, oder durch Werkstoffprüfung, materialspezifische Untersuchungen mittels beispielsweise Schliffbilder, Material-Analysen, Gefügeuntersuchungen u.s.w. vorgenommen werden. Aufgrund der Begutachtung der Formteile und der für ihre Herstellung bekannten Gesamtenergiewerte E_{tot} , sowie der Werte für die partiellen Energien E_1 bis E_4 , kann beispielsweise bezüglich E_{tot} ein Gesamtenergie-Sollwertbereich als Kenngrösse für den Thixoform- oder Druckgiessprozess festgelegt werden. Der Sollwertbereich kann dann als weitere Kenngrösse verwendet werden, wobei bei Über- oder Unterschreiten des Gesamtenergiewertes eines Schusses bzw. einer Anzahl von Schüssen beispielsweise ein Prozessunterbruch, ein Wechsel eines Vorheizofens oder eine Neukalibrierung der Heizleistung eines Vorheizofens vorgenommen werden kann.

[0065] Die Begutachtung der Formteile, welche mit den die Figur 6 betreffenden Thixoformverfahren hergestellt wurden, zeigt, dass für diesen Fall die Gesamtenergie pro Schuss zwischen $35 \text{ kJ} \geq E_{\text{tot}} \geq 10 \text{ kJ}$ liegen muss, damit die erforderliche Formteilqualität erreicht werden kann. Nahe der derart ermittelten Energieschwellen können sowohl Formteile mit den erforderlichen Formteileigenschaften wie auch Formteile mit unzureichenden Formteileigenschaften resultieren. Befindet sich der Gesamtenergiewert eines Schusses ausserhalb des ermittelten Energiebandes, erhöht sich das Risiko für die Herstellung eines nicht konformen Formteiles, d.h. eines Formteiles, welches nicht die erforderlichen Formteileigenschaften hinsichtlich Gefüge, Abmessungen u.s.w. aufweist. Demgemäss stellt die Bestimmung der Gesamtenergie für einen Schuss ein Mass dar für die Wahrscheinlichkeit einer guten bzw. schlechten Formteilherstellung, d.h. ein Mass für die Ausschuss-Wahrscheinlichkeit.

[0066] Figur 8 zeigt beispielhaft eine graphische Protokoll Darstellung der gemessenen und berechneten Werte für das erfindungsgemässe RTIM-Verfahren, wobei einerseits der durch den Giesskolben 12 zurückgelegte, gemessene Weg $s(t)$ und andererseits der gemessene, durch den Giesskolben 12 ausgeübte, zeitabhängige Pressdruck $p(t)$ während eines Thixoformprozesses, d.h. während eines Schusses, dargestellt sind, sowie die durch Punkte dargestellten, zu diskreten Zeitpunkten ermittelten Geschwindigkeitswerte $v(t)=ds(t)/dt$ des Giesskolbens 12 eingetragen sind. Im Weiteren enthält die in Figur 8 gezeigte Protokoll Darstellung auch eine Geschwindigkeitskurve $v(t)$, welche durch numerische Filterung und Glättung der diskreten Geschwindigkeitswerte $ds(t)/dt$ berechnet ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Prozessüberwachung beim Druckgiessen oder Thixoformen von Metallen (14, 15) in einer Druckgiess- oder Thixoformeinrichtung, welche eine Giesskammer (10), einen Giesskolben (12) und eine Form mit einer Formkavität (16, 18) enthält, dadurch gekennzeichnet, dass
der zeitliche Verlauf des Pressdruckes $p(t)$ gemessen und die zeitabhängige Geschwindigkeit des Giesskolbens $v(t)$ bestimmt wird, und die durch den Giesskolben zugeführte Energie $E(t)$ in Funktion der Prozesszeit t , sowie die während dem Druckgiess- bzw. Thixoformprozess durch den Giesskolben (12) zugeführte Gesamtenergie E_{tot} aufgrund des zeitabhängigen Verlaufes des Pressdruckes $p(t)$ und der Giesskolbengeschwindigkeit $v(t)$ berechnet wird, und die Gesamtenergie E_{tot} als Kennwert für die Überwachung des Druckgiess- oder Thixoformprozesses verwendet wird.

2. Verfahren zur Prozessüberwachung einer Druckgiess- oder Thixoformeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Bestimmung des Pressdruck-Verlaufes $p(t)$ durch Messung des Druckes $p_{GK}(t)$ an der gegen das Druckguss- oder Thixoformmaterial (14, 15) gerichteten Giesskolben-Fläche erfolgt.

3. Verfahren zur Prozessüberwachung einer Druckgiess- oder Thixoformeinrichtung nach Ansprüche 1, wobei der Giesskolben (12) hydraulisch angetrieben wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Bestimmung des Pressdruck-Verlaufes $p(t)$ durch Messung des Druckes $p_{hyd}(t)$ in der Hydraulikflüssigkeit erfolgt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die durch den Giesskolben (12) zugeführte Energie $E(t)$ in Funktion der Prozesszeit t gemäss der Integral-Funktion

$$E(t) = A \cdot \int_{t_0}^t p(t) \cdot v(t) dt$$

und die während dem Druckgiess- bzw. Thixoformprozess durch den Giesskolben (12) zugeführte Gesamtenergie E_{tot} durch die Integral-Funktion

$$E_{tot} = A \cdot \int_{t_0}^{t_4} p(t) \cdot v(t) dt$$

berechnet wird, wobei A die gegen das Druckguss- oder Thixoformmaterial (14, 15) gerichtete Fläche des Giesskolbens (12), t_0 den Anfangszeitpunkt $t=0$ des Druckgiess- oder Thixoformverfahrens und t_4 den Zeitpunkt bezeichnet, an dem der Giesskolben zum ersten Mal nach t_0 die Geschwindigkeit $v(t)=0$ annimmt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die zeitabhängige Position des Giesskolbens $s(t)$ gemessen und die Geschwindigkeit des Giesskolbens $v(t)$ als Ableitung der zeitabhängigen Giesskolbenposition $s(t)$ nach der Zeit t zu diskreten Zeitpunkten gemäss der Funktion

$$v(t) = ds(t)/dt$$

bestimmt wird, wobei die Geschwindigkeit $v(t)$ bevorzugt an 180 bis 500, insbesondere an 250 bis 400 diskreten Prozesszeitpunkten während dem Druckgiess- bzw. Thixoformprozess bestimmt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die durch den Giesskolben (12) während zwei Prozesszeitpunkten t_x und t_y , wobei $t_x < t_y$, zugeführte, zeitabhängige Energie $E_{x,y}(t)$ gemäss der Integral-Funktion

$$E_{x,y}(t) = A \cdot \int_{t_x}^{t_y} p(t) \cdot v(t) dt$$

berechnet wird, wobei A die gegen das Druckguss- oder Thixoformmaterial (14, 15) gerichtete Fläche des Giesskolbens (12) bezeichnet.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die partiellen Energien E_1 bis E_4 für die folgenden Verfahrensschritte berechnet werden:

a) beim Thixoformen die durch den Giesskolben (12) während der Dauer vom Zeitpunkt t_0 bis zum Zeitpunkt t_1 zugeführte partielle Energie E_1 für die Verschiebung des thixotropen Metallbolzens (14) in der Giesskammer (10) bis zum Anschlag des Metallbolzens (14) am formseitigen Ende (11) der Giesskammer (10), wobei t_1 den

Zeitpunkt bezeichnet, an dem der thixotrope Metallbolzen (14) am Ende der Giesskammer (11) auftrifft;

b) beim Druckgiessen und Thixoformen die durch den Giesskolben (12) während der Dauer vom Zeitpunkt t_1 bis zum Zeitpunkt t_2 zugeführte partielle Energie E_2 für die Verformung des thixotropen Metallbolzens (14) bzw. des Druckgussmaterials (15), wobei t_2 den Zeitpunkt bezeichnet, an dem das Druckguss- oder Thixoformmaterial (15) auf seiner ganzen Länge den ganzen Giesskammerquerschnitt ausfüllt;

c) beim Druckgiessen und Thixoformen die durch den Giesskolben (12) während der Dauer vom Zeitpunkt t_2 bis zum Zeitpunkt t_3 zugeführte partielle Energie E_3 für die Füllung der Eingusskanäle (26, 28), wobei t_3 den Zeitpunkt bezeichnet, an dem die zwischen der Giesskammer (10) und der Formkavität (16, 18) befindlichen Eingusskanäle (26, 28) allesamt vollständig gefüllt sind;

d) beim Druckgiessen und Thixoformen die durch den Giesskolben (12) während der Dauer vom Zeitpunkt t_3 bis zum Zeitpunkt t_4 zugeführte partielle Energie E_4 für die Füllung der Formkavität (16, 18), wobei t_4 den Zeitpunkt bezeichnet, an dem die Formkavität (16, 18) vollständig gefüllt ist und die Geschwindigkeit des Giesskolbens (12) auf Null gesunken ist, d.h. $v(t_4)=0$.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Gesamtenergie E_{tot} zu $E_{\text{tot}}=E_1+E_2+E_3+E_4$ berechnet wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei der Giesskolben (12) hydraulisch angetrieben wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Pressdruckverlauf $p(t)$ durch Messung des Druckes $p_{\text{hyd}}(t)$ in der Hydraulikflüssigkeit und gleichzeitig durch Messung des Druckes $p_{\text{GK}}(t)$ an der gegen das Druckguss- oder Thixoformmaterial (14, 15) gerichteten Giesskolben-Fläche erfolgt, wobei für die Berechnung der durch den Giesskolben (12) zugeführten Energiewerte der Pressdruckverlauf $p_{\text{GK}}(t)$ verwendet wird, und der durch die Reibung verursachte Energieverlust bis zum Zeitpunkt t durch Berechnung der Integral-Funktion

$$E(t)_{\text{Reibung}} = A \cdot \int_{t_0}^t [p_{\text{hyd}}(t) - p_{\text{GK}}(t)] \cdot v(t) dt$$

bestimmt wird, wobei A die gegen das Druckguss- oder Thixoformmaterial (14, 15) gerichtete Fläche des Giesskolbens (12) und t_0 den Anfangszeitpunkt des Druckgiess- oder Thixoformprozesses bezeichnen.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Gesamtenergie E_{tot} für eine Vielzahl von Druckgiess- oder Thixoformprozessen mit Druckguss- oder Thixoformmaterial (14, 15) eines bestimmten Vorheizofens ermittelt und daraus der entsprechende Mittelwert und die Standardabweichung berechnet werden, wobei der Mittelwert und die Standardabweichung als weitere Kennwerte verwendet werden.

11. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 10 für das Druckgiessen oder Thixoformen von Aluminium- oder Magnesiumlegierungen.

12. Druckgiess- oder Thixoformeinrichtung, insbesondere eine Druckgiess- oder Thixoformeinrichtung zum Druckgiessen oder Thixoformen von Aluminiumlegierungen, wobei die Druckgiess- oder Thixoformeinrichtung eine Giesskammer (10), einen Giesskolben (12) und eine Form mit wenigstens einer Formkavität (16, 18) enthält, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckgiess- oder Thixoformeinrichtung entweder Messvorrichtungen (30, 32) zur gleichzeitigen Bestimmung des prozesszeitabhängigen Pressdruckes $p(t)$ und der prozesszeitabhängigen Positionsbestimmung $s(t)$ des Giesskolbens (12) oder Messvorrichtungen (30, 32) zur gleichzeitigen Bestimmung des prozesszeitabhängigen Pressdruckes $p(t)$ und der prozesszeitabhängigen Geschwindigkeitsbestimmung $v(t)$ des Giesskolbens (12) aufweist.

13. Druckgiess- oder Thixoformeinrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Messvorrichtung zur Bestimmung des prozesszeitabhängigen Pressdruckes $p(t)$ einen an der gegen das Druckguss- oder Thixoformmaterial (14, 15) gerichteten Giesskolben-Fläche angebrachten oder eingebauten Drucksensor (30) enthält.

14. Druckgiess- oder Thixoformeinrichtung nach einem der Ansprüche 12 oder 13, bei welcher der Giesskolben (12) hydraulisch angetrieben wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Messvorrichtung zur Bestimmung des pro-

EP 1 072 340 A1

zesszeitabhängigen Pressdruckes $p(t)$ einen Drucksensor zur Bestimmung des Druckes in der Hydraulikflüssigkeit enthält.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

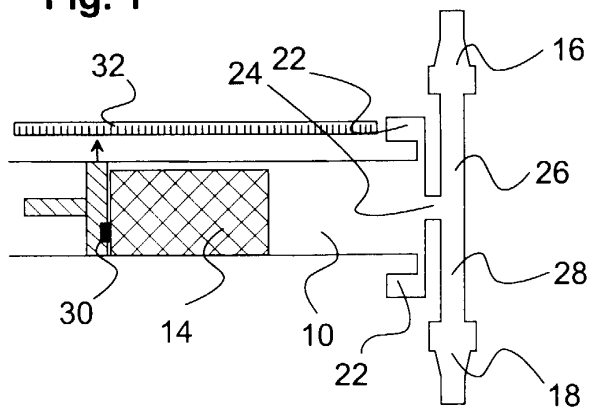


Fig. 2

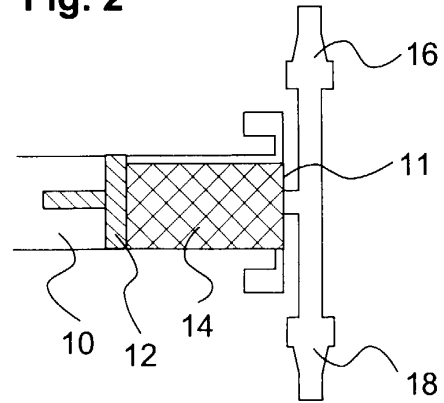


Fig. 3

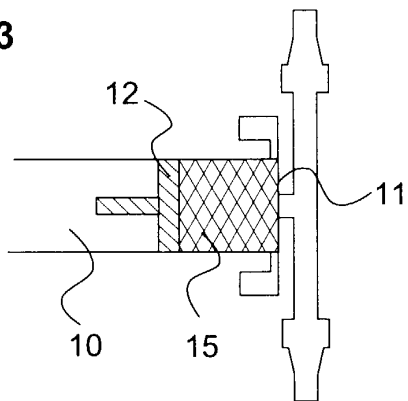


Fig. 4

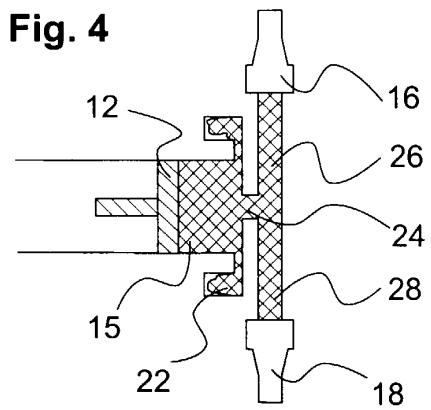


Fig. 5

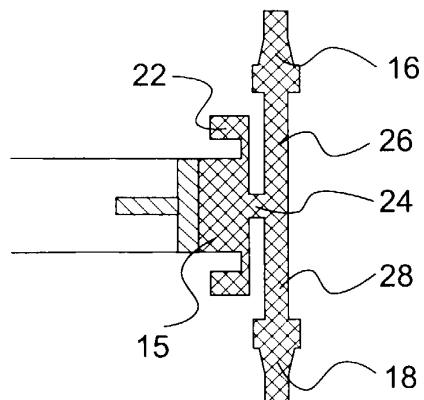


Fig. 6a

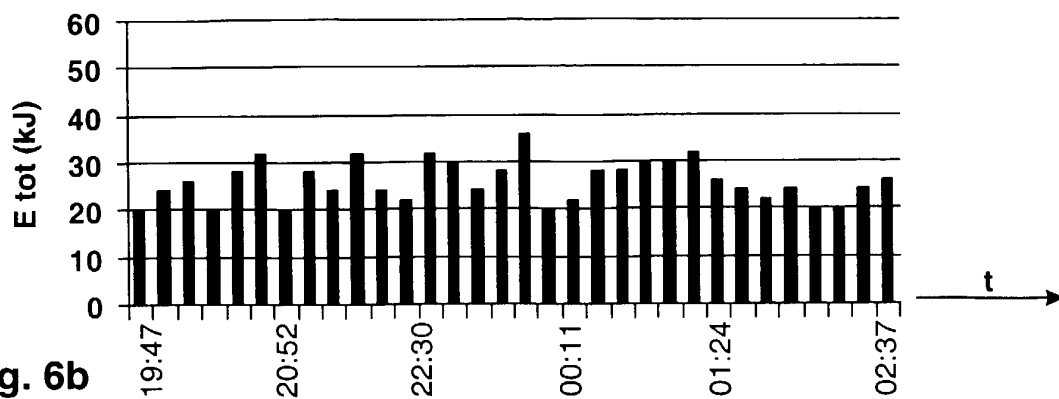


Fig. 6b

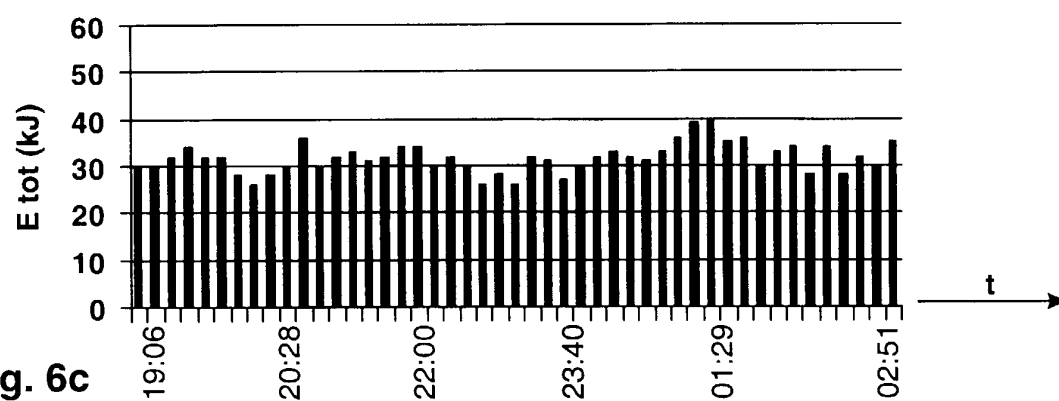


Fig. 6c

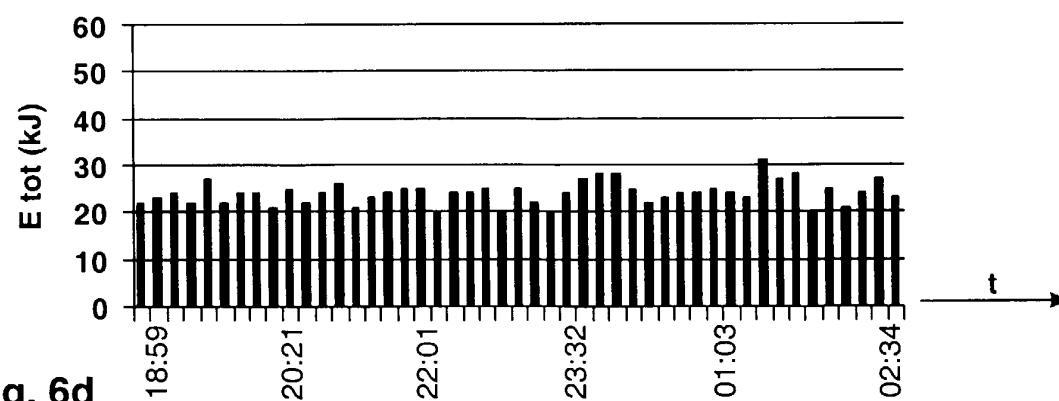


Fig. 6d

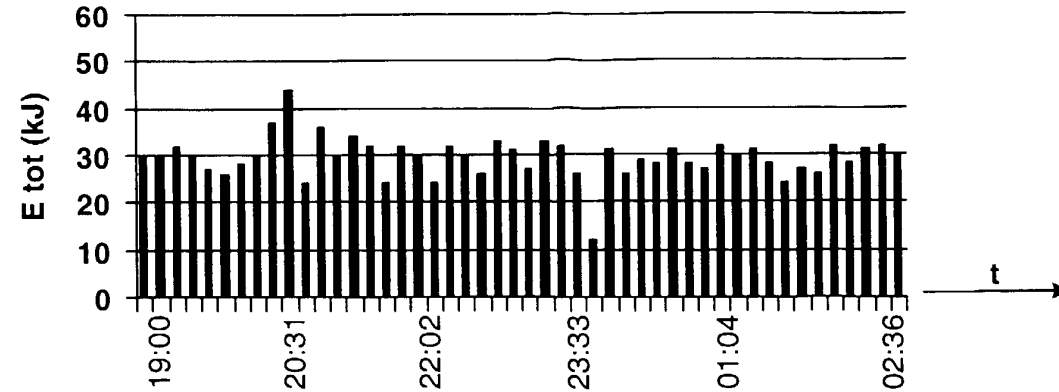


Fig. 6e

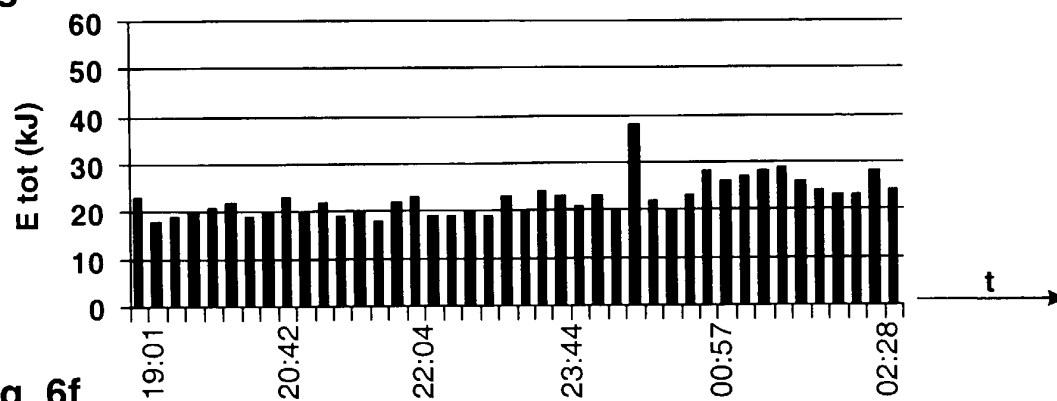


Fig. 6f

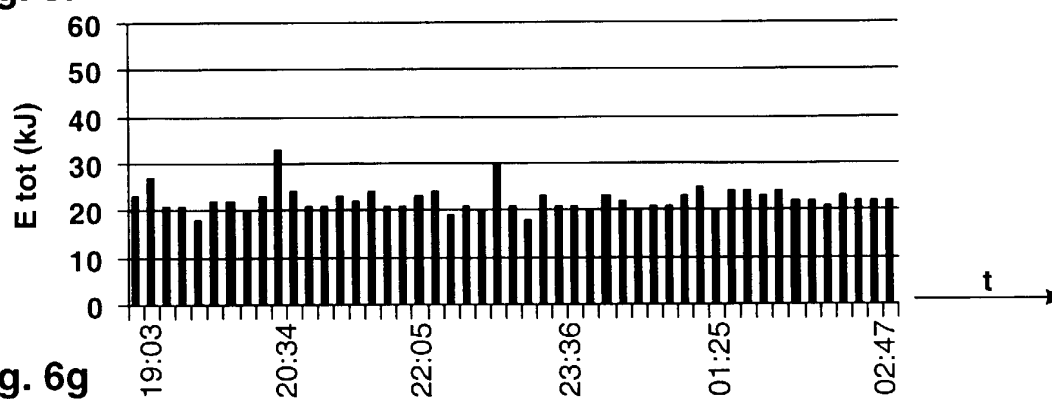


Fig. 6g

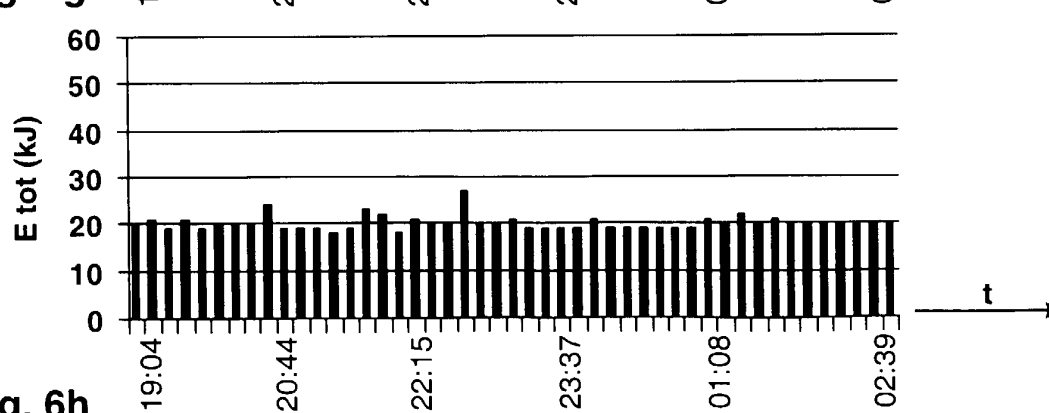


Fig. 6h

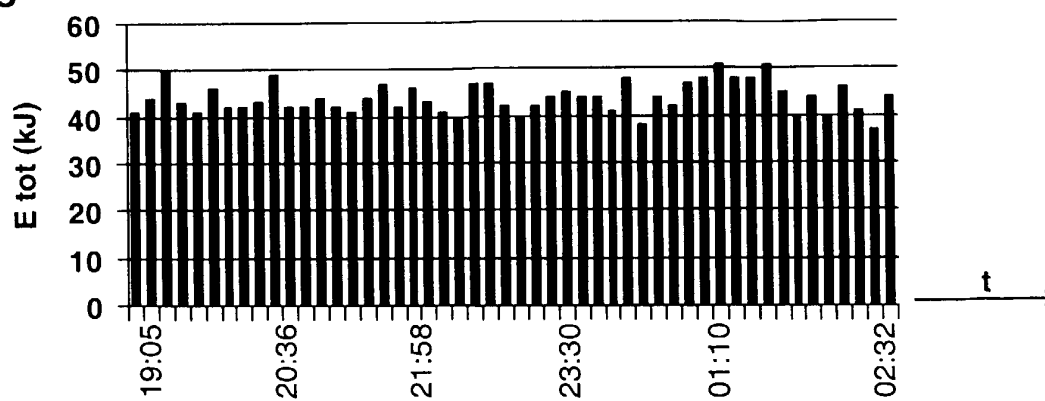
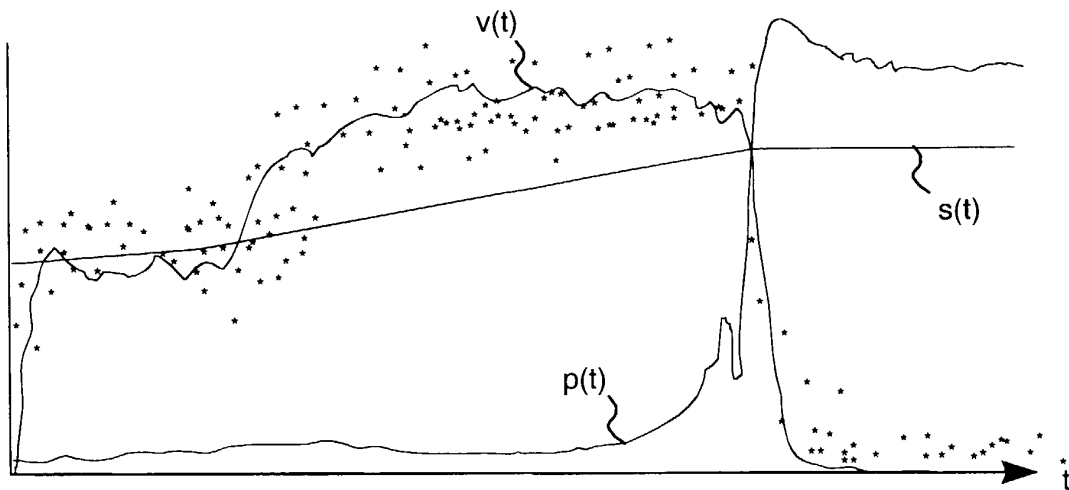


Fig. 7



Fig. 8





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 99 81 0679

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	DE 30 43 369 A (MANNESMANN DEMAG KUNSTSTOFF) 3. Juni 1982 (1982-06-03) * Anspruch 1 *	1	B22D17/32
A	US 5 758 707 A (JUNG PAUL ET AL) 2. Juni 1998 (1998-06-02) * Ansprüche 1,9-12 *	1,2,12,13	
A	DE 41 08 992 A (SUMITOMO WIRING SYSTEMS) 26. September 1991 (1991-09-26) * Ansprüche 1-7 *	1,12	
A	EP 0 228 799 A (JAPAN STEEL WORKS LTD) 15. Juli 1987 (1987-07-15) * Ansprüche 1-18 *	1,12	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			B22D B29C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort BERLIN		Abschlußdatum der Recherche 30. Dezember 1999	Prüfer Kesten, W
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, 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	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 99 81 0679

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente 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.

30-12-1999

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 3043369 A	03-06-1982	KEINE	
US 5758707 A	02-06-1998	KEINE	
DE 4108992 A	26-09-1991	JP 1929417 C	12-05-1995
		JP 3268912 A	29-11-1991
		JP 6055383 B	27-07-1994
		GB 2242388 A,B	02-10-1991
		US 5133910 A	28-07-1992
EP 0228799 A	15-07-1987	JP 62117723 A	29-05-1987
		JP 1614091 C	15-08-1991
		JP 2039973 B	07-09-1990
		JP 62134239 A	17-06-1987
		JP 1639758 C	18-02-1992
		JP 3001139 B	09-01-1991
		JP 62134240 A	17-06-1987
		JP 1671384 C	12-06-1992
		JP 3039814 B	17-06-1991
		JP 62151313 A	06-07-1987

EPO FORM P0461

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