

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: **A 616/2008**

(51) Int. Cl.⁸: **B29C 45/76** (2006.01)

(22) Anmeldetag: **17.04.2008**

(43) Veröffentlicht am: **15.12.2008**

(30) Priorität:

23.04.2007 DE 102007019100
beansprucht.

(73) Patentinhaber:

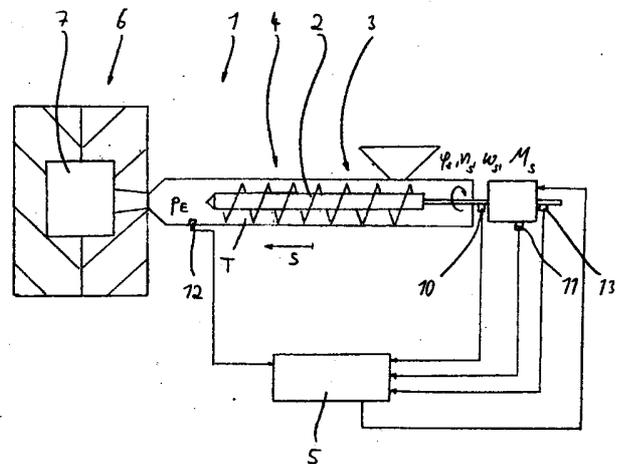
ADCURAM MASCHINENBAUHOLDING
GMBH
D-80333 MÜNCHEN (DE)

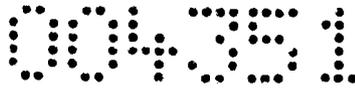
(72) Erfinder:

GORNIK CHRISTIAN
NEUFELD (AT)

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM SPRITZGIESEN**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Spritzgießen einer spritzgießfähigen Masse in einer Spritzgießmaschine (1), die eine mit einer Schnecke (2) versehene Plastifiziereinheit (3), eine Einspritzeinheit (4), eine Maschinensteuerung (5) und ein Werkzeug (6) mit einer Kavität (7) aufweist, wobei in die Kavität (7) spritzgießfähige Masse eingespritzt werden kann und wobei die spritzgießfähigen Masse aus mindestens einer Pulverkomponente (8) und mindestens einer Binderkomponente (9) besteht; um die Verarbeitung von pulverhaltiger Spritzgießmasse zu verbessern, sieht die Erfindung die Schritte vor: a) Ermittlung der Einspritzarbeit (W_E); b) Ermittlung der Dosierarbeit (W_D); c) Bei Anstieg oder Abfall der gemäß Schritt a) ermittelten Einspritzarbeit (W_E) aus einem Toleranzbereich hinaus und beim Verbleiben der gemäß Schritt b) ermittelten Dosierarbeit (W_D) innerhalb eines Toleranzbereichs: Nicht-Veranlassen einer Maßnahme zur Beeinflussung der Mischungshomogenität der spritzgießfähigen Masse; d) Bei Anstieg oder Abfall der gemäß Schritt a) ermittelten Einspritzarbeit (W_E) aus einem Toleranzbereich hinaus und beim Anstieg oder Abfall der gemäß Schritt b) ermittelten Dosierarbeit (W_D) aus einem Toleranzbereich hinaus: Veranlassen einer Maßnahme zur Beeinflussung der Mischungshomogenität der spritzgießfähigen Masse.

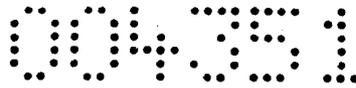




Zusammenfassung:

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Spritzgießen einer spritzgießfähigen Masse in einer Spritzgießmaschine (1), die eine mit einer Schnecke (2) versehene Plastifiziereinheit (3), eine Einspritzeinheit (4), eine Maschinensteuerung (5) und ein Werkzeug (6) mit einer Kavität (7) aufweist, wobei in die Kavität (7) spritzgießfähige Masse eingespritzt werden kann und wobei die spritzgießfähigen Masse aus mindestens einer Pulverkomponente (8) und mindestens einer Binderkomponente (9) besteht; um die Verarbeitung von pulverhaltiger Spritzgießmasse zu verbessern, sieht die Erfindung die Schritte vor: a) Ermittlung der Einspritzarbeit (W_E); b) Ermittlung der Dosierarbeit (W_D); c) Bei Anstieg oder Abfall der gemäß Schritt a) ermittelten Einspritzarbeit (W_E) aus einem Toleranzbereich hinaus und beim Verbleiben der gemäß Schritt b) ermittelten Dosierarbeit (W_D) innerhalb eines Toleranzbereichs: Nicht-Veranlassen einer Maßnahme zur Beeinflussung der Mischungshomogenität der spritzgießfähigen Masse; d) Bei Anstieg oder Abfall der gemäß Schritt a) ermittelten Einspritzarbeit (W_E) aus einem Toleranzbereich hinaus und beim Anstieg oder Abfall der gemäß Schritt b) ermittelten Dosierarbeit (W_D) aus einem Toleranzbereich hinaus: Veranlassen einer Maßnahme zur Beeinflussung der Mischungshomogenität der spritzgießfähigen Masse.

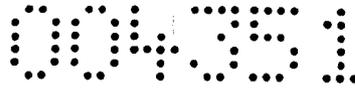
(Fig. 1)



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Spritzgießen einer spritzgießfähigen Masse in einer Spritzgießmaschine, die eine mit einer Schnecke versehene Plastifiziereinheit, eine Einspritzeinheit, eine Maschinensteuerung und ein Werkzeug mit einer Kavität aufweist, wobei in die Kavität spritzgießfähige Masse eingespritzt werden kann und wobei die spritzgießfähigen Masse aus mindestens einer Pulverkomponente und mindestens einer Binderkomponente besteht. Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Spritzgießmaschine.

Beim Spritzgießen von Formteilen aus pulverhaltigem Material wird der so genannte Feedstock in einer Plastifiziereinheit mit einer Schnecke durch Wärmeleitung von außen her über am Plastifizierzylinder angebrachte Heizbänder sowie aufgrund Dissipation in der Schmelze beim Durchmischen im Schneckenzyylinder aufgeschmolzen. Der Feedstock besteht aus einem definierten Volumenanteil Pulver und einem Volumenanteil Binderkomponente. Das Verhältnis von Pulver- zu Binderanteil beeinflusst die Fließeigenschaften und bestimmt die Schwindung des Bauteils beim Sintern.

Die Binderkomponente wird im Plastifizierzylinder schmelzflüssig, während die Pulverkomponente im festen Aggregatzustand bleibt. Nach dem

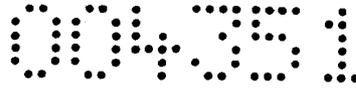


Spritzgießprozess werden die gespritzten Teile gesintert. Der Feedstock wird vor der Verarbeitung auf der Spritzgießmaschine in Compoundier-
einrichtungen homogenisiert.

In Figur 2 ist schematisch eine Mischung eines Pulvers und eines Binders skizziert. In dieser Figur ist eine gute Homogenisierung der Pulverteilchen zu erkennen. Dabei kann es zu Chargenschwankungen in der Mischungshomogenität kommen. Ebenso kann es durch die Beimengung von Rezyklat oder Regenerat in den Trichter der Spritzgießmaschine dazu kommen, dass Inhomogenitäten in der Schmelze und weiterhin im gespritzten Formteil auftreten.

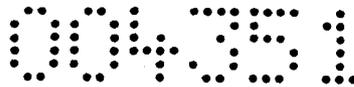
In Figur 3 ist schematisch eine bereichsweise entmischte Mischung eines Pulvers und eines Binders dargestellt. Die Figur zeigt also eine inhomogene Verteilung der Pulverteilchen. Diese Inhomogenitäten, also die örtlich unterschiedliche Verteilung von Pulver und Binder, führen beim Sintern zu Lunkerbildung oder Rissen, da die Bereiche mit höherer Binderkonzentration nicht optimal zusammensintern.

Der Erfindung liegt die **A u f g a b e** zugrunde, ein Verfahren zum Spritzgießen einer spritzgießfähigen Masse aus mindestens einer Pulverkomponente und mindestens einer Binderkomponente sowie eine zugehörige Spritzgießmaschine zu schaffen, mit dem bzw. mit der es möglich ist, die Mischungsqualität zu detektieren und durch geeignete Maßnahmen während der Spritzgießproduktion eine gute Mischungsqualität aufrecht zu erhalten. Dadurch soll die Qualität des herzustellenden Formteils erhöht werden.



Die Lösung dieser Aufgabe durch die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren die Schritte aufweist:

- a) Ermittlung der Einspritzarbeit für einen definierten Abschnitt des Spritzgießzyklus eines Formteils, insbesondere für einen kompletten Spritzgießzyklus;
- b) Ermittlung der Dosierarbeit für einen definierten Abschnitt des Spritzgießzyklus eines Formteils, insbesondere für einen kompletten Spritzgießzyklus;
- c) Bei Anstieg oder Abfall der gemäß Schritt a) ermittelten Einspritzarbeit aus einem vorgegebenen und in der Maschinensteuerung gespeicherten Toleranzbereich hinaus und beim Verbleiben der gemäß Schritt b) ermittelten Dosierarbeit innerhalb eines vorgegebenen und in der Maschinensteuerung gespeicherten Toleranzbereichs: Nicht-Veranlassen einer Maßnahme zur Beeinflussung der Mischungshomogenität der spritzgießfähigen Masse;
- d) Bei Anstieg oder Abfall der gemäß Schritt a) ermittelten Einspritzarbeit aus einem vorgegebenen und in der Maschinensteuerung gespeicherten Toleranzbereich hinaus und beim Anstieg oder Abfall der gemäß Schritt b) ermittelten Dosierarbeit aus einem vorgegebenen und in der Maschinensteuerung gespeicherten Toleranzbereich hinaus: Veranlassen einer Maßnahme zur Beeinflussung der Mischungshomogenität der spritzgießfähigen Masse.



Bevorzugt werden die Einspritzarbeit und die Dosierarbeit auf Referenzwerte bezogen, die in der Maschinensteuerung gespeichert sind, wobei dann die ermittelten Verhältnisse (Quotienten) bei der weiteren Verarbeitung der Daten zugrunde gelegt werden.

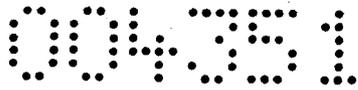
Bei Vorliegen einer anderen Bedingung als gemäß Schritt c) und Schritt d) wird ebenfalls keinerlei Maßnahme zur Beeinflussung der Mischungshomogenität der spritzgießfähigen Masse ergriffen.

Die Erfindung stellt also auf den Grundgedanken ab, dass zum einen die Einspritzarbeit und zum anderen die Dosierarbeit berechnet werden. Dann können die jeweiligen Ergebnisse normiert werden, indem sie durch einen gespeicherten Referenzwert geteilt werden.

Sofern die Einspritzarbeit bzw. das Verhältnis der Einspritzarbeiten aus einem vorgegebenen Toleranzbereich herausläuft, jedoch die Dosierarbeit bzw. das Verhältnis der Dosierarbeiten innerhalb eines Toleranzbereichs bleibt, wird angenommen, dass sich eine Größe im Prozess geändert habe, die nicht die Fließfähigkeit und damit die Mischungsgüte des Feedstocks betrifft.

Demgemäß werden keine Maßnahmen zur Verbesserung der der Homogenität der Schmelze eingeleitet (obiger Schritt c).

Ergibt sich hingegen, dass beide Arbeiten bzw. beide normierte Größen – also die der Einspritzarbeit und die der Dosierarbeit – gleichzeitig ansteigen, deutet dies auf eine Veränderung im Feedstock hin. Demgemäß werden in diesem Falle Maßnahmen zur Homogenisierung der Schmelze eingeleitet (obiger Schritt d).



Die Einspritzarbeit wird dabei bevorzugt als Integral des Einspritzdrucks über das in die Kavität eingespritzte Volumen an Schmelze für ein Spritzgießteil berechnet.

Die Dosierarbeit wird bevorzugt als Integral des Schneckendrehmoments über dem Drehwinkel der Schnecke für eine vorgegebene Zeit berechnet.

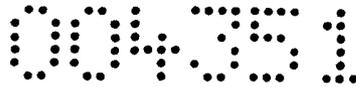
Die obigen Schritte a) bis c) bzw. die Schritte a), b) und d) werden bevorzugt sich periodisch wiederholend durchgeführt.

Im Anschluss an die Ausführung des obigen Schritts d) können die Dosierparameter wieder auf die ursprünglichen Werte zurückgefahren werden.

Die nach obigem Schritt d) veranlasste Maßnahme kann ein zusätzliches Durchmischen der spritzgießfähigen Masse während des Dosiervorgangs sein. Ein Durchmischen der spritzgießfähigen Masse kann dabei bei erhöhter Schneckendrehzahl erfolgen. Auch eine Veränderung des Staudrucks beim Dosieren kann vorgenommen werden. Weiterhin kann eine Veränderung der Schneckenrückzugsgeschwindigkeit beim Dosieren vorgenommen werden.

Die Temperatur in der Plastifiziereinheit kann fortbildungsgemäß durch eine Regelung innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereichs gehalten werden. Zur Regelung der Temperatur in der Plastifiziereinheit kann die der Plastifiziereinheit zugeführte Heizenergie herangezogen werden.

Die erfindungsgemäße Spritzgießmaschine ist dadurch gekennzeichnet, dass Sensoren vorhanden sind für die Ermittlung der Schneckendrehzahl, des Schneckendrehmoments, des Einspritzdrucks und der axialen



Schneckenbewegung, wobei die Maschinensteuerung zur Ermittlung der Einspritzarbeit für einen definierten Abschnitt des Spritzgießzyklus eines Formteils und zur Ermittlung der Dosierarbeit für einen definierten Abschnitt des Spritzgießzyklus eines Formteils ausgebildet ist, wobei die Maschinensteuerung weiterhin ausgebildet ist

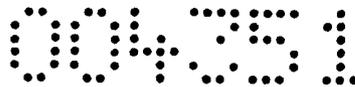
- zur Nicht-Ausgabe eines Signals bei Anstieg oder Abfall der ermittelten Einspritzarbeit aus einem vorgegebenen gespeicherten Toleranzbereich hinaus und beim Verbleiben der ermittelten Dosierarbeit innerhalb eines gespeicherten Toleranzbereichs sowie
- zur Ausgabe eines Signals bei Anstieg oder Abfall der ermittelten Einspritzarbeit aus einem vorgegebenen gespeicherten Toleranzbereich hinaus und beim Anstieg oder Abfall der ermittelten Dosierarbeit aus einem vorgegebenen gespeicherten Toleranzbereich hinaus.

Gegebenenfalls kann auch hier wieder vorgesehen werden, dass nicht die Einspritz- bzw. Dosierarbeit selber, sondern auf Referenzwerte normierte Daten verarbeitet werden.

Die Plastifiziereinheit und die Einspritzeinheit sind dabei bevorzugt als kombinierte Schubschnecken-Plastifizier- und -einspritzeinheit ausgebildet.

Schließlich sieht eine Weiterbildung vor, dass die Schnecke Misch-, Scher- und/oder Knetelemente aufweist.

Die Erfindung betrifft also ein Verfahren zum Spritzgießen von gefüllten Kunststoffen, bei dem durch Messung der Energieaufnahme während des



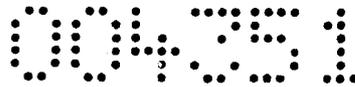
7

Dosier- und Einspritzvorganges eine Regelung der Mischqualität durchgeführt wird.

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt. Es zeigen:

- Fig. 1 schematisch eine Spritzgießmaschine in der Seitenansicht,
- Fig. 2 schematisch eine homogene Mischung eines Pulvers und eines Binders,
- Fig. 3 schematisch eine bereichsweise entmischte Mischung eines Pulvers und eines Binders und
- Fig. 4 das auf eine Bezugsgröße normierte Einspritzintegral (Einspritzarbeit) und die auf eine Bezugsgröße normierte Dosierarbeit für zwei verschiedene Temperaturen eines Feedstocks.

In Fig. 1 ist schematisch eine Spritzgießmaschine 1 dargestellt, die die üblichen Komponenten aufweist. Die Plastifiziereinheit 3 und die Einspritzeinheit 4 sind als kombinierte Schubschnecken-Plastifizier- und -einspritzeinheit ausgebildet, d. h. innerhalb eines Schneckenzyinders ist eine Schnecke 2 angeordnet, die sowohl mit einer Schneckendrehzahl n_s rotieren als sich auch zum Einspritzen von Schmelze axial um einen Betrag s bewegen kann. Die plastifizierte Schmelze wird in bekannter Weise in die Kavität 7 eines Werkzeugs 6 eingespritzt, wobei das Verfahren von einer Maschinensteuerung 5 gesteuert bzw. geregelt wird.



8

Vorliegend wird als spritzgießfähige Masse ein Gemisch aus einer Pulverkomponente 8 und einer Binderkomponente 9 verwendet, s. Fig. 2 und Fig. 3.

Die Spritzgießmaschine 1 ist weiterhin mit Sensoren versehen, um die relevanten Spritzgießparameter zu erfassen.

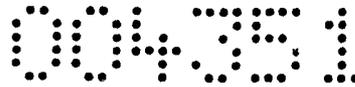
Der Sensor 10 erfasst die Schneckendrehzahl n_s . Ein weiterer Sensor 11 erfasst das Schneckendrehmoment M_s . Der Sensor 12 misst den Einspritzdruck p_E . Schließlich erfasst der Sensor 13 die axiale Schneckenverschiebung s .

Damit liegen alle Informationen vor, um die Einspritzarbeit W_E und die Dosierarbeit W_D zu ermitteln.

Die Einspritzarbeit W_E ergibt sich als Integral des Einspritzdrucks p_E über dem eingespritzten Schmelzevolumen; letzteres wiederum ist bei konstanter Schneckenzyylinderquerschnittsfläche das Produkt aus Querschnittsfläche und der axialen Schneckenbewegung s .

Die Dosierarbeit W_D ist das Integral des Schneckendrehmoments M_s über dem Drehwinkel ϕ_s der Schnecke. Die Relation des Drehwinkels ϕ_s mit der Schneckendrehzahl n_s bzw. der Winkelgeschwindigkeit ω der Schnecke 2 ist bekannt.

Beim erfindungsgemäßen Vorgehen wird zunächst die Einspritzarbeit W_E für einen definierten Abschnitt des Spritzgießzyklus eines Formteils ermittelt, d. h. das entsprechende Integral berechnet.



Gleichzeitig wird die Dosierarbeit W_D in entsprechender Weise bestimmt, d. h. auch hier wird das Integral für einen definierten Abschnitt des Spritzgießzyklus eines Formteils ermittelt.

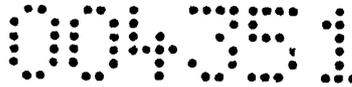
Unter Nutzung von in der Maschinensteuerung 5 gespeicherter Werte werden dann die Arbeiten normiert (was allerdings nicht zwingend, sondern nur optional ist), d. h. es erfolgt eine Division durch feste Werte für die Einspritz- und für die Dosierarbeit. Das Verhältnis der Einspritzarbeit V_E ergibt sich aus der berechneten Einspritzarbeit W_E geteilt durch den gespeicherten Normwert W_{E0} . Entsprechend ergibt sich das Verhältnis V_D als Quotient aus Dosierarbeit W_D und gespeichertem Normwert W_{D0} .

In Abhängigkeit der berechneten Ergebnisse erfolgt die Festlegung über das weitere Vorgehen:

Bei Anstieg oder Abfall des Verhältnisses V_E über einen vorgegebenen und in der Maschinensteuerung 5 gespeicherten Toleranzbereich hinaus und beim Verbleiben des Verhältnisses V_D innerhalb eines vorgegebenen und in der Maschinensteuerung 5 gespeicherten Toleranzbereichs erfolgt keine weitere Maßnahme.

Bei Anstieg oder Abfall des Verhältnisses V_E über einen vorgegebenen Toleranzbereich hinaus und beim Anstieg oder Abfall des Verhältnisses V_D über einen vorgegebenen Toleranzbereich hinaus erfolgt indes das Veranlassen einer Maßnahme zur Beeinflussung der Mischungshomogenität der spritzgießfähigen Masse.

Es hat sich bei der Herstellung von Formteilen unter Nutzung von Pulver nämlich herausgestellt, dass die Mischungsqualität von Pulver und Binder die



Fließfähigkeit der Schmelze beeinflusst. Je ungleichmäßiger die Pulverteilchen im Binder verteilt sind, desto schwerfließender ist üblicherweise die Schmelze.

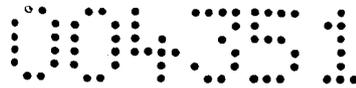
Dieser Zusammenhang wird bei der Charakterisierung von Feedstocks in Rheometern genutzt.

Die Fließfähigkeit und damit die Viskosität der Schmelze haben einen Einfluss auf den Druckbedarf, der für die Formfüllung benötigt wird. Eine integrale Größe zur Erfassung der Fließfähigkeit ist das Einspritzintegral (Einspritzarbeit), d. h. das Integral des Einspritzdruckes über dem eingespritzten Volumen. Diese Größe wird als Qualitätsüberwachungsmerkmal genutzt.

Das Einspritzintegral hat jedoch den Nachteil, dass es neben der Viskosität des Feedstocks auch von der Werkzeugtemperatur beeinflusst wird.

Eine weitere Möglichkeit, die Fließfähigkeit der Schmelze zu überwachen, ist die Aufzeichnung der Dosierarbeit. Die Dosierarbeit ist das Integral des Produkts aus Schneckendrehmoment und Schneckenwinkelgeschwindigkeit über der Dosierzeit. Dieser Wert wird auch MFQ (monitoring of feedstock quality) genannt, da er zur Überwachung der Feedstock-Qualität Verwendung findet.

Die Dosierarbeit wird nicht von der Werkzeugtemperatur beeinflusst. Dieser Zusammenhang ist in Fig. 4 illustriert, wo das auf eine Bezugsgröße normierte Einspritzintegral (Einspritzarbeit) und die auf eine Bezugsgröße normierte Dosierarbeit für zwei verschiedene Temperaturen dargestellt sind.



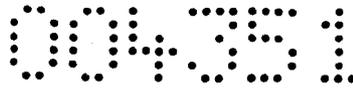
Während die relative Dosierarbeit, d. h. die Dosierarbeit bezogen auf einen Nominalwert, praktisch temperaturunabhängig ist, gilt dies nicht für das Einspritzintegral, d. h. für die Einspritzarbeit. Hier ist zu sehen, dass sich bei niedrigerer Temperatur (45 °C) ein geringerer normierter Wert ergibt als bei höherer Temperatur (65 °C). Die Dosierarbeit ist daher üblicherweise besser zur Charakterisierung von Chargenschwankungen von Feedstocks geeignet als das Einspritzintegral.

Beim vorgeschlagenen Verfahren wird sowohl das Einspritzintegral (Einspritzarbeit) als auch die Dosierarbeit überwacht bzw. berücksichtigt. Die Regelung der Mischgüte erfolgt direkt in der Spritzgießmaschine.

Verändert sich das Einspritzintegral dergestalt, dass sein Wert außerhalb einer in der Maschinensteuerung eingestellten Grenze liegt und bleibt die Dosierarbeit gleich, so hat sich im Prozess eine Größe geändert, die nicht die Fließfähigkeit und damit die Mischungsgüte des Feedstocks betrifft.

Steigen hingegen beide Größen, also das Einspritzintegral und die Dosierarbeit, in gleichem Maße an, so deutet dies auf eine Veränderung im Feedstock hin.

Um in einem solchen Falle die Mischungsgüte wieder zu steigern, muss eine zusätzliche Durchmischung der Schmelze in der Plastifizierschnecke während des Dosierens durchgeführt werden. Die Dosierparameter Staudruck und Drehzahl werden daher in diesem Falle so verändert, dass in Verbindung mit der verwendeten Schneckengeometrie (in vorteilhafter Weise versehen mit Misch-, Scher- und Knetelementen) wieder eine homogene Mischung in der Schmelze erreicht wird.



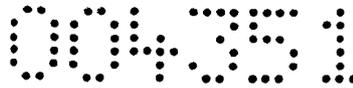
Vorteilhaft ist es, anstelle der Parameter Staudruck und Schneckendrehzahl direkt jene Parameter zu ändern, welche die Strömung der Schmelze in der Schnecke beeinflussen, nämlich die Schneckenumfangsgeschwindigkeit in Verbindung mit der Schneckenrückzugsgeschwindigkeit.

Entmischte Bereiche und damit Fehler im Formteil können daher nicht auftreten. Die Einspritzarbeit sinkt dann wieder auf den ursprünglichen Wert ab, während die Dosierarbeit aber aufgrund der Veränderung der Dosierparameter gestiegen ist. Von nun an werden wieder sowohl das Einspritzintegral als auch die Dosierarbeit überwacht.

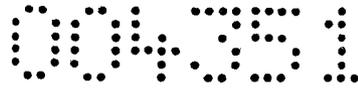
Sind nun die Mischungsgüte und damit die Viskosität der nächsten Charge wieder beim ursprünglichen Wert, so nehmen das Einspritzintegral und die Dosierarbeit in gleicher Weise ab. Die Dosierparameter sind nun wieder auf Werte zu reduzieren, so dass das Einspritzintegral auch weiterhin konstant bleibt. Würden die Dosierparameter nicht angepasst werden, könnte es zu einer übermäßigen Beanspruchung des Feedstocks bei der Plastifizierung kommen. Dies würde die Gefahr hervorrufen, dass eine mechanische oder thermische Schädigung der Binderkomponente erfolgt.

Bei besonders hochviskosen Feedstocks kommt es bei Veränderung der Dosierparameter unter Umständen auch zu einer Veränderung der Massetemperatur. Diese Veränderung kann über die Anpassung des Zylindertemperaturprofils oder über die Regelung der zugeführten Heizenergie kompensiert werden.

Als Qualitätsmerkmal für die Mischgüte wird die Fließfähigkeit der gefüllten Formmasse herangezogen. Mittels der Energie für das Einspritzen und der Energie für das Dosieren an der Spritzgießmaschine wird die relative



Fließfähigkeit der gefüllten Formmasse ermittelt. Veränderungen der Energie für das Einspritzen werden aufgrund von Werkzeugtemperaturänderungen von der Regelung in der Weise erkannt, dass in einem solchen Falle die Energie für das Dosieren unverändert bleibt. Die Dosierparameter werden in Abhängigkeit der gemessenen Energien für das Einspritzen und Dosieren in der Weise verändert, dass die Mischgüte konstant bleibt. Die Dosierparameter Staudruck und Schneckendrehzahl kommen dabei bevorzugt zum Einsatz. Die Dosierparameter Schneckenumfangsgeschwindigkeit und Schneckenrückzugsgeschwindigkeit können ebenfalls verwendet werden. Zusätzlich kann die Zylindertemperatur T überwacht und geregelt werden. Dabei kann insbesondere die dem Plastifizierzylinder zugeführte Heizenergie überwacht und geregelt werden. Als gefüllte Formmassen finden Feedstocks zum Pulverspritzgießen Verwendung.

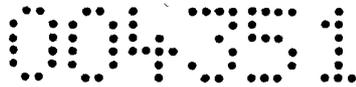
**Bezugszeichenliste:**

1	Spritzgießmaschine
2	Schnecke
3	Plastifiziereinheit
4	Einspritzeinheit
5	Maschinensteuerung
6	Werkzeug
7	Kavität
8	Pulverkomponente
9	Binderkomponente
10	Sensor (Schneckendrehzahl)
11	Sensor (Schneckendrehmoment)
12	Sensor (Einspritzdruck)
13	Sensor (axiale Schneckenverschiebung)
W_E	Einspritzarbeit
W_{E0}	gespeicherter Wert für Einspritzarbeit
W_D	Dosierarbeit
W_{D0}	gespeicherter Wert für Dosierarbeit
V_E	Verhältnis W_E / W_{E0}
V_D	Verhältnis W_D / W_{D0}
p_E	Einspritzdruck
M_S	Schneckendrehmoment

004351

15

ϕ_s	Drehwinkel
t	Zeit
n_s	Schneckendrehzahl
ω	Schneckenwinkelgeschwindigkeit
T	Temperatur
s	axiale Schneckenbewegung



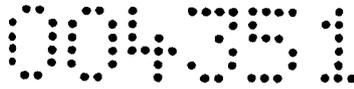
Patentansprüche:

1. Verfahren zum Spritzgießen einer spritzgießfähigen Masse in einer Spritzgießmaschine (1), die eine mit einer Schnecke (2) versehene Plastifiziereinheit (3), eine Einspritzeinheit (4), eine Maschinensteuerung (5) und ein Werkzeug (6) mit einer Kavität (7) aufweist, wobei in die Kavität (7) spritzgießfähige Masse eingespritzt werden kann und wobei die spritzgießfähige Masse aus mindestens einer Pulverkomponente (8) und mindestens einer Binderkomponente (9) besteht,

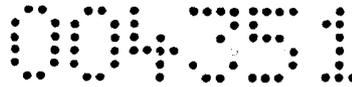
dadurch gekennzeichnet,

dass das Verfahren die Schritte aufweist:

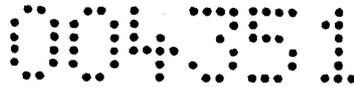
- a) Ermittlung der Einspritzarbeit (W_E) für einen definierten Abschnitt des Spritzgießzyklus eines Formteils, insbesondere für einen kompletten Spritzgießzyklus;
- b) Ermittlung der Dosierarbeit (W_D) für einen definierten Abschnitt des Spritzgießzyklus eines Formteils, insbesondere für einen kompletten Spritzgießzyklus;



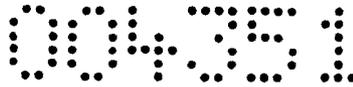
- c) Bei Anstieg oder Abfall der gemäß Schritt a) ermittelten Einspritzarbeit (W_E) aus einem vorgegebenen und in der Maschinensteuerung (5) gespeicherten Toleranzbereich hinaus und beim Verbleiben der gemäß Schritt b) ermittelten Dosierarbeit (W_D) innerhalb eines vorgegebenen und in der Maschinensteuerung (5) gespeicherten Toleranzbereichs: Nicht-Veranlassen einer Maßnahme zur Beeinflussung der Mischungshomogenität der spritzgießfähigen Masse;
- d) Bei Anstieg oder Abfall der gemäß Schritt a) ermittelten Einspritzarbeit (W_E) aus einem vorgegebenen und in der Maschinensteuerung (5) gespeicherten Toleranzbereich hinaus und beim Anstieg oder Abfall der gemäß Schritt b) ermittelten Dosierarbeit (W_D) aus einem vorgegebenen und in der Maschinensteuerung (5) gespeicherten Toleranzbereich hinaus: Veranlassen einer Maßnahme zur Beeinflussung der Mischungshomogenität der spritzgießfähigen Masse.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es die Schritte aufweist:
- a) Ermittlung der Einspritzarbeit (W_E) für einen definierten Abschnitt des Spritzgießzyklus eines Formteils;
- b) Ermittlung der Dosierarbeit (W_D) für einen definierten Abschnitt des Spritzgießzyklus eines Formteils;



- a') Bilden eines Verhältnisses (V_E) zwischen der gemäß Schritt a) ermittelten Einspritzarbeit (W_E) und eines Wertes einer in der Maschinensteuerung (5) gespeicherten Einspritzarbeit (W_{E0});
- b') Bilden eines Verhältnisses (V_D) zwischen der gemäß Schritt b) ermittelten Dosierarbeit (W_D) und eines Wertes einer in der Maschinensteuerung (5) gespeicherten Dosierarbeit (W_{D0});
- c) Bei Anstieg oder Abfall des gemäß Schritt a') gebildeten Verhältnisses (V_E) über einen vorgegebenen und in der Maschinensteuerung (5) gespeicherten Toleranzbereich hinaus und beim Verbleiben des gemäß Schritt b') gebildeten Verhältnisses (V_D) innerhalb eines vorgegebenen und in der Maschinensteuerung (5) gespeicherten Toleranzbereichs: Nicht-Veranlassen einer Maßnahme zur Beeinflussung der Mischungshomogenität der spritzgießfähigen Masse;
- d) Bei Anstieg oder Abfall des gemäß Schritt a') gebildeten Verhältnisses (V_E) über einen vorgegebenen und in der Maschinensteuerung (5) gespeicherten Toleranzbereich hinaus und beim Anstieg oder Abfall des gemäß Schritt b') gebildeten Verhältnisses (V_D) über einen vorgegebenen und in der Maschinensteuerung (5) gespeicherten Toleranzbereich hinaus: Veranlassen einer Maßnahme zur Beeinflussung der Mischungshomogenität der spritzgießfähigen Masse.

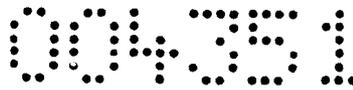


3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Einspritzarbeit (W_E) als Integral des Einspritzdrucks (p_E) über das in die Kavität eingespritzte Volumen an Schmelze für ein Spritzgießteil berechnet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Dosierarbeit (W_D) als Integral des Schneckendrehmoments (M_S) über dem Drehwinkel (ϕ_S) der Schnecke (2) für eine vorgegebene Zeit (t) berechnet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Schritte a) bis c) bzw. die Schritte a) und b) sowie d) gemäß Anspruch 1 sich periodisch wiederholend durchgeführt werden.
6. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Schritte a) bis c) bzw. die Schritte a) bis b') sowie d) gemäß Anspruch 2 sich periodisch wiederholend durchgeführt werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass im Anschluss an die Ausführung des Schritts d) gemäß Anspruch 1



oder 2 die Dosierparameter wieder auf die ursprünglichen Werte zurückgefahren werden.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die nach Schritt d) gemäß Anspruch 1 oder 2 veranlasste Maßnahme ein zusätzliches Durchmischen der spritzgießfähigen Masse während des Dosiervorgangs ist.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass ein Durchmischen der spritzgießfähigen Masse bei erhöhter Schneckendrehzahl (n_s) erfolgt.
10. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass eine Veränderung des Staudrucks beim Dosieren vorgenommen wird.
11. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass eine Veränderung der Schneckenrückzugsgeschwindigkeit beim Dosieren vorgenommen wird.



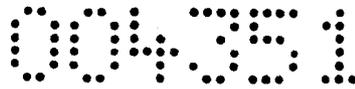
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur (T) in der Plastifiziereinheit (3) durch eine Regelung innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereichs gehalten wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass zur Regelung der Temperatur (T) in der Plastifiziereinheit (3) die der Plastifiziereinheit (3) zugeführte Heizenergie herangezogen wird.

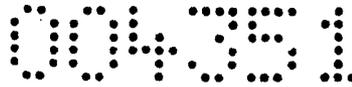
14. Spritzgießmaschine (1) zum Spritzgießen einer spritzgießfähigen Masse, die eine mit einer Schnecke (2) versehene Plastifiziereinheit (3), eine Einspritzeinheit (4), eine Maschinensteuerung (5) und ein Werkzeug (6) mit einer Kavität (7) aufweist, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 13,

dadurch gekennzeichnet,

dass Sensoren (10, 11, 12, 13) vorhanden sind für die Ermittlung der Schneckendrehzahl (n_s), des Schneckendrehmoments (M_s), des Einspritzdrucks (p_E) und der axialen Schneckenbewegung (s), wobei die Maschinensteuerung (5) zur Ermittlung der Einspritzarbeit (W_E) für einen definierten Abschnitt des Spritzgießzyklus eines Formteils und zur Ermittlung der Dosierarbeit (W_D) für einen definierten Abschnitt des Spritzgießzyklus eines Formteils ausgebildet ist, wobei die Maschinensteuerung (5) weiterhin ausgebildet ist



- zur Nicht-Ausgabe eines Signals bei Anstieg oder Abfall der ermittelten Einspritzarbeit (W_E) aus einem vorgegebenen gespeicherten Toleranzbereich hinaus und beim Verbleiben der ermittelten Dosierarbeit (W_D) innerhalb eines gespeicherten Toleranzbereichs sowie
 - zur Ausgabe eines Signals bei Anstieg oder Abfall der ermittelten Einspritzarbeit (W_E) aus einem vorgegebenen gespeicherten Toleranzbereich hinaus und beim Anstieg oder Abfall der ermittelten Dosierarbeit (W_D) aus einem vorgegebenen gespeicherten Toleranzbereich hinaus.
15. Spritzgießmaschine (1) nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Maschinensteuerung (5) weiterhin zum Bilden eines Verhältnisses (V_E) zwischen der ermittelten Einspritzarbeit (W_E) und einem gespeicherten Wert für die Einspritzarbeit (W_{E0}) und zum Bilden eines Verhältnisses (V_D) zwischen der ermittelten Dosierarbeit (W_D) und einem gespeicherten Wert für die Dosierarbeit (W_{D0}) ausgebildet ist, wobei die Maschinensteuerung (5) weiterhin ausgebildet ist
- zur Nicht-Ausgabe eines Signals bei Anstieg oder Abfall des gebildeten Einspritzarbeit-Verhältnisses (V_E) über einen vorgegebenen gespeicherten Toleranzbereich hinaus und beim Verbleiben des gebildeten Dosierarbeit-Verhältnisses (V_D) innerhalb eines gespeicherten Toleranzbereichs sowie



23

- zur Ausgabe eines Signals bei Anstieg oder Abfall des gebildeten Einspritzarbeit-Verhältnisses (V_E) über einen vorgegebenen gespeicherten Toleranzbereich hinaus und beim Anstieg oder Abfall des gebildeten Dosierarbeit-Verhältnisses (V_D) über einen vorgegebenen gespeicherten Toleranzbereich hinaus.
-
16. Spritzgießmaschine nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Plastifiziereinheit (3) und die Einspritzeinheit (4) als kombinierte Schubschnecken-Plastifizier- und -einspritzeinheit (3, 4) ausgebildet sind.

 17. Spritzgießmaschine nach einem der Ansprüche 14 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Schnecke (2) Misch-, Scher- und/oder Knetelemente aufweist.

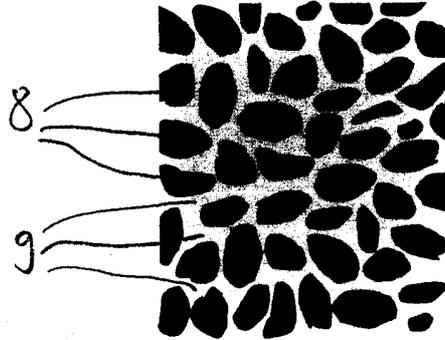


Fig. 2

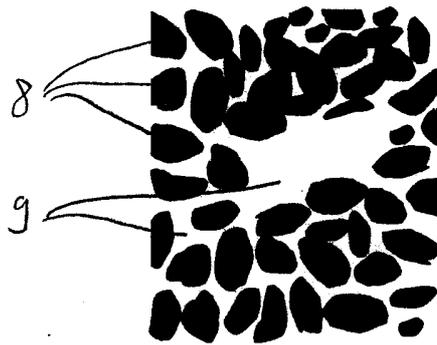


Fig. 3

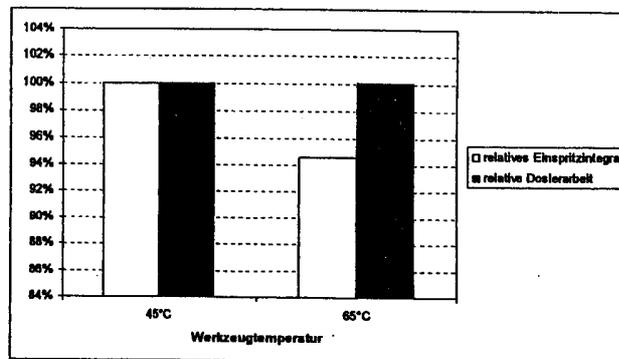


Fig. 4