



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
21.07.2004 Patentblatt 2004/30

(51) Int Cl.7: **B30B 11/00, B30B 15/00**

(21) Anmeldenummer: **03028403.8**

(22) Anmeldetag: **11.12.2003**

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

(72) Erfinder: **Rundel, Albert**
88348 Saulgau-Fulgenstadt (DE)

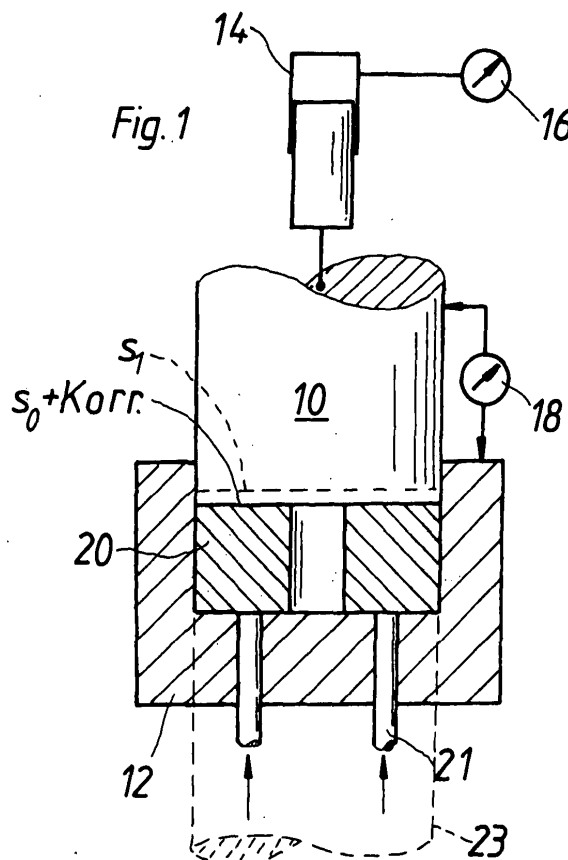
(74) Vertreter: **Späth, Dieter, Dipl.-Ing.**
ABACUS Patentanwälte
Klocke Späth Barth
Kappelstrasse 8
72160 Horb (DE)

(30) Priorität: **15.01.2003 DE 10301224**

(71) Anmelder: **Maschinenfabrik Lauffer**
GmbH & Co. KG
72160 Horb (DE)

(54) **Verfahren zur Endpositionsregelung einer Presse für massgenaue Formkörper**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Endpositionsregelung einer Presse für maßgenaue Formkörper. Das Verfahren ist insbesondere für hydraulische Kalibrier- oder Pulverpressen vorgesehen. Während eines Pressvorgangs wird ein charakteristischer Presswert in Abhängigkeit von einem anderen charakteristischen Presswert gemessen und die Endposition des Stempels in Abhängigkeit von der Messung korrigiert. Als charakteristischer Presswert wird beispielsweise eine Presskraft an einer vorgegebenen Stempelposition s_1 gemessen. Ist ein zu pressender Formkörper (20) zu dick, so ist die Presskraft an der Stempelposition s_1 erhöht und der Stempel (10) wird um den Korrekturwert über eine Soll-Endposition s_0 hinweg verfahren, so dass der Formkörper (20) nach dem Pressen/Kalibrieren eine Soll-Dicke aufweist. Das erfindungsgemäße Verfahren hat den Vorteil einer höheren Maßgenauigkeit.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Endpositionsregelung einer Presse für maßgenaue Formkörper gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Die Erfindung setzt eine Presse voraus, bei der ein Weg und eine Presskraft des oder der Stempel während des Pressens beeinflussbar sind. Die Erfindung ist daher insbesondere für hydraulische Pressen oder Hybridpressen, also mechanisch/hydraulische Pressen, vorgesehen, bei denen eine Beeinflussung der genannten Presswerte während des Pressens ohne Weiteres möglich ist.

[0002] Zum Pressen von Formkörpern sind insbesondere das sog. Pulverpressen und das Kalibrierpressen bekannt. Beim Pulverpressen wird ein pulverförmiges Material zu einem Formkörper gepresst. Beispielsweise das Sintern oder Metallpulverpressen sind Pulverpressverfahren. Beim Kalibrierpressen wird ein Formkörper auf ein Sollmaß gepresst bzw. nachverdichtet. Die Angabe zweier beispielhafter Pressverfahren dient zur verständlichen Erläuterung der Erfindung und soll diese nicht auf die beiden genannten Verfahren beschränken.

[0003] Bei beiden genannten Pressverfahren beeinflusst eine Toleranz des Pressguts eine Maßgenauigkeit des gepressten Formkörpers. Beim Pulverpressen beeinflusst die eingefüllte Pulvermenge die Maßgenauigkeit des gepressten Formkörpers, ist die Pulvermenge größer oder kleiner als eine Sollmenge ist der gepresste Formkörper dicker oder dünner als er sein soll. Beim Kalibrierpressen beeinflusst eine Dickentoleranz des zu pressenden Formkörpers die Dicke des gepressten Formkörpers, ein vor dem Pressen zu dicker Formkörper weist auch nach dem Pressen eine über dem Sollwert liegende Dicke auf. Weitere Einflussfaktoren sind eine elastische Dehnung des Pulvers oder des Formkörpers und der Pressenstempel. In Abhängigkeit von einer Anbringung eines Meßsystems beeinflusst auch eine elastische Verformung eines Pressenständers das Pressergebnis.

[0004] Zur Verbesserung der Maßgenauigkeit werden Pressen möglichst steif ausgebildet. Zur weiteren Erhöhung der Maßgenauigkeit wird der Weg des Stempels gemessen, wobei die Messung zur Steigerung der Messgenauigkeit möglichst nahe an einer Stirnfläche des Stempels und an einer Gegenfläche eines Gegenstempels oder einer Matrize erfolgt. Eine Messung unmittelbar an der Stirnfläche ist nicht möglich, da diese beim Pressen in die Matrize eintaucht und nicht zugänglich ist und da der ausgeübte Pressdruck eine Messung an der Stirnfläche des Stempels ausschließt. Eine Messung nahe der Stirnfläche des Stempels eliminiert Elastizitäten der Presse weitgehend.

[0005] Um Elastizitäten der Presse, die sich bei der Wegmessung nicht eliminieren lassen, da die Wegmessung nicht unmittelbar an der Stirnfläche des Stempels erfolgen kann, auszugleichen, ist vorgeschlagen wor-

den, den Stempelweg um die Elastizität zu vergrößern. Dabei lässt sich die Elastizität versuchsweise durch Pressen eines Formkörpers ermitteln. Beispiele derartiger Korrekturen beschreiben die DE 39 30 475 A1 und die DE 198 46 210 A1. Mit den bekannten Korrekturen lässt sich eine Endposition des Stempels einer Presse vergleichsweise genau erreichen. Die bekannten Korrekturen berücksichtigen allerdings nicht die eingangs geschilderten Toleranzen, d. h. unterschiedliche Pulverfüllmengen beim Pulverpressen oder unterschiedlich dicke Formkörper beim Kalibrierpressen. Auch wenn der Stempel einer Presse stets exakt die vorgesehene Endposition erreicht weisen die Formkörper aufgrund der Toleranzen vor dem Pressen auch nach dem Pressen eine Toleranz auf.

[0006] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Endpositionsregelung einer Presse vorzuschlagen, das eine Toleranz der Pulvermenge oder eines Formkörpers korrigiert.

[0007] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Das erfindungsgemäße Verfahren sieht vor, dass während des Pressvorgangs mindestens ein charakteristischer Presswert in Abhängigkeit von einem anderen charakteristischen Presswert gemessen wird und eine Korrektur einer Endposition eines Stempels der Presse in Abhängigkeit von der Messung erfolgt. Charakteristische Presswerte sind solche Werte, die die Maßgenauigkeit des gepressten Formkörpers beeinflussen oder bestimmen. Es sind insbesondere ein Weg, den ein Pressstempel beim Pressen zurücklegt bzw. die Position des Pressstempels, und die Presskraft, mit der der Stempel beaufschlagt wird. Die Kraftmessung ist beispielsweise mit Dehnmessstreifen oder Piezo-Sensoren möglich, wobei die Messung mit Piezo-Sensoren sehr genau und sehr schnell ist. Des weiteren besteht die Möglichkeit einen den Stempel beaufschlagenden Hydraulikdruck anstelle der Kraft zu messen. Erfindungsgemäß wird beispielsweise an einer bestimmten, vorgegebenen Position des Pressstempels die Presskraft gemessen, die bei einem Formkörper mit Sollmaß vor dem Pressen einen Sollwert aufweist. In diesem Fall wird der Stempel bis in eine Soll-Endposition weiter bewegt. Weist der Formkörper vor dem Pressen eine größere als die Solldicke auf so ist die Presskraft an der vorgegebenen Position des Pressstempels größer als bei einem Formkörper mit Solldicke. In diesem Fall erfolgt eine Korrektur der Endposition des Stempels, der Stempel wird weiter verfahren als bei einem Formkörper mit Solldicke, d. h. der Stempel wird über die Soll-Endposition hinaus verfahren. Bei einem vor dem Pressen dünneren Formkörper ist die Presskraft an der vorgegebenen Position des Stempels kleiner und der Stempel wird weniger weit verfahren, d. h. er erreicht die Soll-Endposition nicht. Vorstehendes gilt entsprechend auch für unterschiedlich große Pulvermengen beim Pulverpressen. Die Korrektur der Endposition des Stempels erfolgt so, dass die gepressten Formkörper nach dem Pressen das Sollmaß aufweisen.

Ein ursprünglich zu dicker Formkörper wird weiter zusammengepresst, ein ursprünglich zu dünner Formkörper wird weniger weit zusammengepresst, so dass sie nach dem Pressen die Soll Dicke möglichst genau aufweisen. Wie groß die Korrektur ist lässt sich durch Versuche ermitteln. Während einer Serienfertigung lässt sich durch Messen der Dicken der gepressten Formkörper deren Maßgenauigkeit prüfen und die Korrektur der Endposition des Stempels der Presse nachstellen. Auf diese Weise ist eine dauerhaft hohe Maßgenauigkeit der gepressten Formkörper möglich. Selbstverständlich lässt sich auch durch das erfindungsgemäße Verfahren keine absolute Maßgenauigkeit der gepressten Formkörper erreichen. Allerdings berücksichtigt die Erfindung eine Toleranz der eingefüllten Pulvermenge oder eine Dicke des Formkörpers vor dem Pressen und hat den Vorteil, dass sie die Herstellung von Formkörpern mit höherer Maßgenauigkeit und geringerer Toleranz ermöglicht.

[0008] Vorzugsweise erfolgt die Messung kurz vor Erreichen der Endposition des Stempels, da dann die charakteristischen Presswerte nahe denen an der Endposition sind, wodurch sich die Genauigkeit gegenüber einer frühzeitigen Messung erhöht. Die Messung muss allerdings so rechtzeitig erfolgen, dass der Stempel die Endposition auch bei einer Verkürzung des Wegs des Stempels infolge der Korrektur noch nicht erreicht hat und an der korrigierten Endposition zum Stillstand gebracht werden kann.

[0009] Eine Ausgestaltung der Erfindung sieht ein Stillsetzen der Presse zur Messung vor. Nach Errechnung der Endposition wird der Stempel bis zur errechneten Endposition weiterbewegt. Diese Ausgestaltung der Erfindung ist insbesondere vorgesehen, wenn eine Stempelposition (oder ein Stempelweg) in Abhängigkeit von einer vorgegebenen Stempelkraft gemessen wird, da bei diesem Verfahren die Zeit zur Korrektur der Endposition während des Pressens vielfach nicht ausreicht.

[0010] Erfindungsgemäß lässt sich das Verfahren an mehreren Stempeln einer Presse durchführen, vorzugsweise wird das erfindungsgemäße Verfahren an allen oder mehreren regelbaren Stempeln einer Presse durchgeführt. Es lassen sich dadurch unterschiedliche Maße des Formkörpers maßgenau pressen.

[0011] Eine Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, die Stempelposition in Abhängigkeit von einer Presskraft zu messen, d. h. die Stempelposition bei einer vorgegebenen Presskraft zu messen.

[0012] Eine andere Ausgestaltung der Erfindung sieht umgekehrt vor, die Presskraft in Abhängigkeit von einer Stempelposition zu messen, d. h. die Presskraft bei einer vorgegebenen Stempelposition zu messen. Die charakteristischen Presswerte sind in beiden Fällen die Stempelposition bzw. der Stempelweg und die Presskraft oder ein den Stempel beaufschlagender hydraulischer Druck bzw. bei mehreren geregelten Stempeln die die Stempel beaufschlagenden hydraulischen Drücke. Eine Umrechnung in die Presskraft ist zur Durchfüh-

rung des erfindungsgemäßen Verfahrens nicht erforderlich.

[0013] Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine vereinfachte und schematisierte Darstellung der Stempel einer Presse zur Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Figur 2 ein Weg-Zeit-Diagramm zu Figur 1;

Figur 3 die Stempel einer zweiten Presse in einer geöffneten Stellung in einer vereinfachten, schematisierten Darstellung;

Figur 4 die Stempel aus Figur 3 in geschlossener Stellung; und

Figur 5 ein Kraft-Zeit-Diagramm zu Figuren 3 und 4.

[0014] Figur 1 zeigt einen Stempel 10 und eine Matrize 12 einer im Übrigen nicht dargestellten, hydraulischen Kalibrierpresse. Eine hydraulische Kolben-Zylinder-Einheit 14 zum Antrieb des Stempels 10 ist symbolisch dargestellt. Anstelle einer Stempel- oder Presskraft ist ein Hydraulikdruck in einem Zylinder der Kolben-Zylinder-Einheit 14 mit einem Drucksensor 16 messbar bleibt. Es ist nicht notwendig, den zur Stempel- oder Presskraft proportionalen Hydraulikdruck in die Kraft umzurechnen. Des Weiteren ist eine Position des Stempels 10 in Bezug auf die Matrize 12 mit einer Abstandsmesseinrichtung 18 messbar.

[0015] Zum Kalibrieren wird ein zu kalibrierendes Formteil 20 in die Matrize 12 eingelegt und der Stempel 10 wird gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren zunächst in eine vorgegebene Pressposition s_1 bewegt, die in Figur 1 mit einer Strichlinie angedeutet ist. Die Position s_1 ist nahe einer Soll-Endposition s_0 des Stempels 10. Die Soll-Endposition s_0 ist diejenige Position des Stempels 10, bei der ein Formteil 20, welches vor dem Pressen eine Soll-Dicke aufweist, nach dem Pressen/Kalibrieren ebenfalls eine Soll-Dicke aufweist, wobei die Soll-Dicke nach dem Pressen/Kalibrieren kleiner als vor dem Pressen/Kalibrieren ist.

[0016] An der Position s_1 wird der Stempel 10 stillgesetzt und es wird der Hydraulikdruck in der Kolben-Zylinder-Einheit 14 in Abhängigkeit von der Stempelposition s_1 gemessen. Idealerweise wird ohne die Presse stillzusetzen während des Verdichtungs-/Pressvorgangs gemessen um keine Zeit zu verlieren. Es wird ein Korrekturwert (abgekürzt: *Korr.*) für die Endposition s_0 des Stempels 10 berechnet und der Stempel 10 anschließend in die berechnete Endposition $s_0 + \text{Korr.}$ bewegt. Der Korrekturwert wird so ermittelt, dass das Formteil 20 nach dem Pressen/Kalibrieren die gewünschte Soll-Dicke aufweist. Ist die Dicke des Formteils 10 aufgrund Toleranz vor dem Pressen größer als die Soll-Dicke, muss der Stempel 10 über die Soll-End-

position s_0 hinwegverfahren werden, das Formteil 20 wird also stärker gepresst, um nach dem Pressen/Kalibrieren die Soll-Dicke aufzuweisen. Bei einem solchen Formteil sind die Stempelpfaste und der Hydraulikdruck in der Kolben-Zylinder-Einheit 14 an der Stempelposition s_1 größer als bei einem Formteil 20 das vor dem Pressen die Soll-Dicke aufweist.

[0017] Ist umgekehrt das Formteil 20 aufgrund Toleranz vor dem Pressen dünner als die Soll-Dicke, wird der Stempel 10 nicht bis zur Soll-Endposition s_0 verfahren, sondern weniger weit, so dass auch in diesem Fall das Formteil 20 nach dem Pressen/Kalibrieren die Soll-Dicke aufweist. Bei einem Formteil 20, dessen Dicke vor dem Pressen geringer als die Soll-Dicke ist ist der Hydraulikdruck in der Kolben-Zylinder-Einheit 14 an der Stempelposition s_1 kleiner als bei einem Formteil 20, das vor dem Pressen die Soll-Dicke aufweist. Der Korrekturwert ist in diesem Fall negativ. Die Stempelposition s_1 , an der der Hydraulikdruck in der Kolben-Zylinder-Einheit 14 gemessen wird, wird so gewählt, dass der Stempel 10 seine korrigierte Endposition keinesfalls überfahren hat. Der Stempelweg s über der Zeit t ist in Figur 2 dargestellt.

[0018] Der Korrekturwert wird versuchsweise ermittelt, indem toleranzbehaftete Formteile 20 so gepresst werden, dass sie nach dem Pressen die Soll-Dicke aufweisen. Beim Pressen wird der Stempel 10 in der Position s_1 angehalten und es werden der Hydraulikdruck an dieser Stempelposition sowie die zur Erzielung der Soll-Dicke erforderliche Endposition des Stempels 10 gemessen. Während einer Serienfertigung kann stichprobenartig die Dicke der gepressten/kalibrierten Formteile 20 gemessen und erforderlichenfalls der Korrekturwert geändert werden, um die Soll-Dicke des Formteils 20 nach dem Pressen/Kalibrieren dauerhaft mit einer kleinen Toleranz zu gewährleisten.

[0019] Nach dem Pressen/Kalibrieren wird der Stempel 10 zurückgefahren und das kalibrierte Formteil 20 wird mit Auswerfstiften 21 oder mit einem Unterstempel 23, wie er in Figur 1 mit Strichlinien angedeutet ist, ausgeworfen.

[0020] Figuren 3 und 4 zeigen Stempel 22, 24, 26, 28, 30 und eine Matrize 32 einer im Übrigen nicht dargestellten, hydraulischen Pulverpresse in offener (Figur 3) und geschlossener (Figur 4) Stellung. Die Pulverpresse weist drei rohrförmige, ineinanderliegende obere Stempel 22, 24, 26 und zwei rohrförmige, ineinanderliegende untere Stempel 28, 30 auf, die in der Matrize 32 einliegen. In einem inneren, unteren Stempel 30 ist ein Mittelstift 34 aufgenommen. Mit der Pulverpresse wird ein Metallpulver 36, welches in die Matrize 32 eingefüllt wird, zu einem Formteil oder Pressling 38, wie es in Figur 4 dargestellt ist, gepresst bzw. gesintert. Anstelle von Metallpulver 36 kann Keramikpulver, Ferritpulver, Hartmetallpulver oder ein anderes Pulver gepresst bzw. gesintert werden. Die Aufzählung ist nicht abschließend. Es wird nachfolgend der Einfachheit halber von Metallpulver 36 gesprochen werden, ohne dass da-

durch andere Pulver ausgeschlossen werden sollen. Dem Pulver können Schmier- oder Gleitmittel und/oder weitere Zusätze wie beispielsweise Legierungselemente zugesetzt sein. Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist das Formteil 38 ein Rad mit einer Nabe 40, einer Radscheibe 42 und einem Radkranz 44 am Umfang. Die Nabe 40 und der Radkranz 44 stehen beidseitig axial über die Radscheibe 42 über, das Rad ist symmetrisch zu einer radialen Mittelebene. Es sollen die Dicken des Radkranzes 44 und der Nabe 40 in axialer Richtung sowie deren symmetrische Ausrichtung zueinander in axialer Richtung mit hoher Maßgenauigkeit hergestellt werden.

[0021] Zum Pressen werden erfindungsgemäß die Stempel 22, 24, 26, 28, 30 so verfahren, dass jeder Stempel 22, 24, 26, 28, 30 eine Soll-Endposition in Bezug auf die Matrize 32 etwa gleichzeitig erreicht. Vor Erreichen der Endpositionen wird bei Erreichen einer vorgegebenen Stempelposition die Stempel- oder Presskraft oder statt der Kraft der auf den jeweiligen Stempel 22, 24, 26, 28, 30 ausgeübte Hydraulikdruck gemessen und es wird ein Korrekturwert ermittelt, der zu einer Soll-Endkraft F_0 bzw. einem Soll-Enddruck addiert wird. Die Ermittlung des Korrekturwerts erfolgt für diejenigen Stempel 22, 26, 30 der Pulverpresse, die die Radnabe 40 und den Radkranz 44 pressen, deren Maßgenauigkeit hoch ist. Für die Stempel 24, 28, die die Radscheibe 42 pressen, bei der die Anforderung an die Maßgenauigkeit geringer ist, braucht kein Korrekturwert berechnet zu werden, diese Stempel 24, 28 können stets mit demselben Enddruck beaufschlagt werden. Der Korrekturwert kann für alle Stempel 22, 26, 30 berechnet werden, wenn einer der Stempel 22, 26, 30 die vorgegebene Position s_1 erreicht oder der Korrekturwert kann für jeden Stempel 22, 26, 30 ermittelt werden wenn der jeweilige Stempel 22, 26, 30 eine vorgegebene Stempelposition erreicht. Der Korrekturwert wird so ermittelt, dass nach dem Pressen die Radnabe 40 und der Radkranz 44 eine Soll-Dicke aufweisen. Ist also beispielsweise im Bereich des Radkranzes 44 zu viel Metallpulver 36 eingefüllt, wird ein negativer Korrekturwert ermittelt und der den Radkranz 44 pressende Stempel 22 wird mit einem niedrigeren als dem Soll-Enddruck beaufschlagt. Die Korrekturwerte werden experimentell ermittelt und bei einer Serienfertigung durch Messung der Maßhaltigkeit des Formteils 38 kontrolliert und erforderlichenfalls geändert. Zur Erzielung der erforderlichen Lagegenauigkeit der Radnabe 40 und des Radkranzes 44 in axialer Richtung kann zusätzlich die Stempelposition der die Radnabe 40 pressenden Stempel 26, 30 korrigiert werden. Der Presskraftverlauf eines Stempels, beispielsweise des Stempels 26, ist in Figur 5 dargestellt. Durch das erfindungsgemäße Verfahren lässt sich das Formteil 38 mit hoher Maßgenauigkeit pressen/kalibrieren, so dass eine Nachbearbeitung entbehrlich ist. Toleranzbedingte Füllmengenunterschiede beim Einfüllen des Metallpulvers 36 in die Matrize 32 werden durch das erfindungsgemäße Verfahren ausgeglichen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Endpositionsregelung einer Presse für maßgenaue Formkörper, **dadurch gekennzeichnet, dass** während des Pressvorgangs mindestens ein charakteristischer Presswert in Abhängigkeit von einem anderen Presswert gemessen und eine Korrektur einer Endposition eines Stempels (10; 22, 26, 30) der Presse in Abhängigkeit vom gemessenen Presswert erfolgt. 5 10
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messung kurz vor Erreichen der Endposition des Stempels (10; 22, 26, 30) erfolgt. 15
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Presse zur Messung stillgesetzt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren an mehreren Stempeln (22, 26, 30) erfolgt. 20
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Stempelposition in Abhängigkeit von einer Presskraft gemessen wird. 25
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Presskraft in Abhängigkeit von einer Stempelposition gemessen wird. 30

35

40

45

50

55

