

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: **A 1818/2008**

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

(22) Anmeldetag: **21.11.2008**

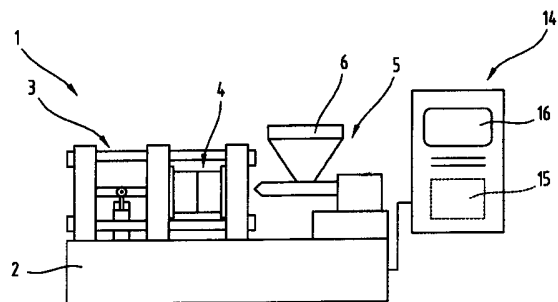
(43) Veröffentlicht am: **15.06.2010**

(73) Patentinhaber:

KEBA AG
A-4041 LINZ (AT)

(54) **EINSTELLVERFAHREN ZUM TEILAUTOMATISCHEN HERSTELLEN EINER PROZESSFÄHIGEN GRUNDEINSTELLUNG FÜR EINE SPRITZGIESSMASCHINE**

(57) Die Erfindung betrifft ein Einstellverfahren zum teilautomatischen Herstellen einer prozessfähigen Grundeinstellung für eine Spritzgießmaschine (1) zur Verarbeitung von Formmassen aus Kunststoff. Mittels einem in einer Steuervorrichtung (14) der Spritzgießmaschine (1) softwaretechnisch integrierten, interaktiven Anfahrassistenten (15), welcher Anfahrassistent (15) eine Bedienperson der Spritzgießmaschine (1) schrittweise zumindest durch Teilabschnitte des Einstellprozesses leitet, werden Werte bzw. Größen für systemrelevante Prozessparameter ermittelt, mit welchen möglichst rasch und zuverlässig eine prozessfähige Grundeinstellung erzielt wird. Dabei werden vor dem Starten einer Versuchsphase jene Prozessbedingungen, welche wesentlichen Einfluss auf die Fließigenschaften der Formmasse haben, insbesondere die Einspritzgeschwindigkeit und die Massetemperatur, vorläufig festgelegt. Außerdem wird eine Kenngröße für das jeweilige Fließverhalten, insbesondere eine Viskosität der verwendeten Formmasse unter diesen vorläufig festgelegten Prozessbedingungen vom Anfahrassistenten (15) zumindest näherungsweise ermittelt. Diese Kenngröße für das Fließverhalten der Formmasse und gegebenenfalls weitere, ermittelte oder vorgegebene Prozesskenngrößen werden zum Festlegen eines probeweisen, vorläufigen Einstellwertes für den Sollwert und/oder den oberen Grenzwert des Einspritzdruckes für die nachfolgend zu startende Versuchsphase verwendet.



Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Einstellverfahren zum teilautomatischen Herstellen einer prozessfähigen Grundeinstellung für eine Spritzgießmaschine (1) zur Verarbeitung von Formmassen aus Kunststoff. Mittels einem in einer Steuervorrichtung (14) der Spritzgießmaschine (1) softwaretechnisch integrierten, interaktiven Anfahrassistenten (15), welcher Anfahrassistent (15) eine Bedienperson der Spritzgießmaschine (1) schrittweise zumindest durch Teilabschnitte des Einstellprozesses leitet, werden Werte bzw. Größen für systemrelevante Prozessparameter ermittelt, mit welchen möglichst rasch und zuverlässig eine prozessfähige Grundeinstellung erzielt wird. Dabei werden vor dem Starten einer Versuchsphase jene Prozessbedingungen, welche wesentlichen Einfluss auf die Fließeigenschaften der Formmasse haben, insbesondere die Einspritzgeschwindigkeit und die Massetemperatur, vorläufig festgelegt. Außerdem wird eine Kenngröße für das jeweilige Fließverhalten, insbesondere eine Viskosität der verwendeten Formmasse unter diesen vorläufig festgelegten Prozessbedingungen vom Anfahrassistenten (15) zumindest näherungsweise ermittelt. Diese Kenngröße für das Fließverhalten der Formmasse und gegebenenfalls weitere, ermittelte oder vorgegebene Prozesskenngrößen werden zum Festlegen eines probeweisen, vorläufigen Einstellwertes für den Sollwert und/oder den oberen Grenzwert des Einspritzdruckes für die nachfolgend zu startende Versuchsphase verwendet.

Fig. 1

Die Erfindung betrifft ein Einstellverfahren zum teilautomatischen Herstellen einer prozessfähigen Grundeinstellung für eine Spritzgießmaschine zur Verarbeitung von Formmassen aus Kunststoff, wie dies im Anspruch 1 angegeben ist.

Beim beanspruchten Verfahren handelt es um eine halbautomatische, reproduzierbare und möglichst betriebssichere Ermittlung und Einstellung der wichtigsten Betriebs- und Prozessparameter einer Kunststoff-Spritzgießmaschine, wobei das Ziel dieses Einstellverfahrens darin liegt, beim Einsatz einer neuen oder geänderten Kombination von Werkzeug, Werkstoff und Spritzgießmaschine möglichst rasch zu einer prozessfähigen Ersteinstellung zu finden bzw. eine möglichst stabile Grundeinstellung zu erzielen.

Wie an sich bekannt, stellt das Kunststoff-Spritzgießverfahren einen direkten und voll automatisierbaren Weg zur Herstellung eines Fertigteils aus einem Rohstoff dar, wobei in der Regel keine oder nur eine geringe Nachbearbeitung des erhaltenen Formteils erforderlich ist und eine hohe Reproduktionsgenauigkeit gewährleistet wird. Ein Spritzgießverfahren ermöglicht eine preisgünstige und rasche Fertigung von einfachen bis hin zu ausgesprochen komplexen Kunststoffteilen in hohen und höchsten Stückzahlen. Dies begründet zusammen mit den vielfältigen Eigenschaften der verarbeitbaren Kunststoffe, wie Thermoplaste, Duroplaste oder Elastomere, die enorme Bedeutung des Spritzgießverfahrens in der modernen Fertigungstechnik, wobei Spritzgießverfahren häufig als die am höchsten entwickelten Verarbeitungsprozesse in der Kunststoffverarbeitung angesehen werden.

Bei den üblichen Spritzgießverfahren wird ein vorzugsweise makromolekularer Werk- bzw. Kunststoff, welcher von einem Rohstoffhersteller in der Regel als Pulver oder Granulat angeliefert wird, in einen fließfähigen Zustand überführt und in ein mehrteiliges Form-Werkzeug gepresst, in welchem diese Formmasse anschließend erstarrt und das Formteil nach dem Öffnen des Form-Werkzeuges entnommen bzw. ausgestoßen wird. Zahlreiche Parameter und vielschichtige Abhängigkeiten der diversen Prozessgrößen von Material, Werkzeug und Maschine resultieren in einem recht komplexen Einstellvorgang, der nur

von entsprechend hoch qualifiziertem Personal mit ausreichender Zuverlässigkeit, Sicherheit und Effizienz bewältigt werden kann. Die Hersteller der Spritzgießmaschinen bieten oftmals Kurse für das Personal der Maschinenbetreiber an, in denen verschiedene Vorgehensweisen für eine erfolgreiche Ersteinstellung vermittelt werden. Die Schulung dieses Bedienpersonals stellt dabei einen nicht unerheblichen Kosten- und Zeitfaktor dar.

Es besteht daher schon seit längerem das Bestreben und der Wunsch, den gesamten Spritzgießprozess einschließlich des Einrichtvorganges möglichst zu automatisieren, die Reproduzierbarkeit der erhaltenen Fertigungsqualität zu verbessern, die Bedienung und Einstellung der Spritzgießmaschinen zu vereinfachen und das dafür erforderliche Expertenwissen möglichst umfassend in die Steuerung der Maschine zu integrieren.

Der vollständige Einstellvorgang einer Spritzgießmaschine gliedert sich üblicherweise in eine Ermittlung einer prozessfähigen Ersteinstellung und in eine nachfolgende Optimierung der Ersteinstellung während des laufenden Spritzgießprozesses. Das erfindungsgemäße Verfahren betrifft die halbautomatische, geführte und möglichst zuverlässige Ermittlung einer prozess- bzw. funktionsfähigen Ersteinstellung. Die derart erhaltene Ersteinstellung ist dann Ausgangspunkt für die nachfolgende Optimierungsphase im laufenden Prozess.

In der Vergangenheit wurden bereits Untersuchungen und Arbeiten vorgenommen, deren Ziel darin lag, diesen Einstellprozess und das dafür wesentliche Expertenwissen zumindest teilweise in die Maschinensteuerung zu integrieren. Entsprechende Arbeiten auf diesem Gebiet wurden beispielsweise am Institut für Kunststoffverarbeitung an der Montanuniversität Leoben in Österreich durchgeführt. Siehe dazu beispielsweise die Diplomarbeit von Eva-Maria Kern am Institut für Kunststoffverarbeitung der Montanuniversität Leoben: „Anfahrstrategie und Optimierung einer Spritzgießmaschine“.

Weitere einschlägige Publikationen zum Themenkreis der Einstellung von Spritzgießmaschinen lauten wie folgt:

Langecker G. R.: Anfahrstrategie. Kunststoffe 7/1995. Carl Hanser Verlag.

Gissing K., Knappe W.: Verzögerungsabhängiges Umschalten von Spritz- auf Nachdruck. Österreichische Kunststoffzeitschrift 12/1981.

Sarholz R.: Rechnerische Abschätzung des Spritzgießprozesses als Hilfsmittel zur Maschineneinstellung. Dissertation an der RWTH Aachen, 1980.

Die Implementierung eines steuerungs-basierten Anfahrasistenten nach Konzepten basierend auf der erstgenannten Arbeit hat bereits aussichtsreiche Ergebnisse für eine bestimmte Anzahl von Kombinationen aus Maschine, Material und Werkzeug gezeigt. Besonderes Kennzeichen dieses Konzeptes ist der sehr universelle Ansatz, der mit einem Minimum an Basisinformationen über Werkstoff, Werkzeug und Maschine das Auslangen findet und damit ohne besondere Anpassungsarbeiten für eine Vielzahl unterschiedlicher Spritzgießmaschinen und Einsatzfälle verwendbar ist. Ein solcher Anfahrasistent führt nach anfänglicher Eingabe einiger weniger Daten über das verwendete Kunststoff-Material und über die Konfiguration des Formwerkzeugs und der Spritzgießmaschine, welche Daten vom Bediener einzugeben sind, eine Reihe von versuchsweisen Fertigungszyklen durch, wobei die entstehenden Formteile anhand einfach zu überprüfender Qualitätsmerkmale von der Bedienperson zu bewerten sind. Die Bewertungen der Bedienperson werden vom Anfahrasistenten zur planmäßigen Änderung der Betriebsparameter herangezogen, sodass der Spritzgießprozess allmählich zu Formteilen mit ausreichend guter Qualität führt. Die Vorgaben und Anpassungen durch den Anfahrasistenten beruhen auf Empfehlungen des Werkstoffherstellers, des Maschinenherstellers sowie auf grundlegenden physikalischen Zusammenhängen und Modellen für Teilprozesse des Spritzgießprozesses. Der Umfang der durch die Bedienperson bereitzustellenden Daten, der Aufwand zur Begutachtung und Bewertung der probeweise gefertigten Teile sowie die erforderlichen Spezialkenntnisse über die Parametrierung des Spritzgießprozesses werden somit durch die technischen Vorgaben bzw. Unterstützungen des Anfahrasistenten reduziert.

Diese Einstellverfahren werden nach einem für die Spritzgießmaschine und das Form-Werkzeug sicheren und reproduzierbaren Schema durchgeführt. Durch dieses Schema ist das Risiko für eine Beschädigung oder eine Fehlbedienung minimiert. Dennoch wurden bislang Fälle und Kombinationen aus Werkstoff, Werkzeug und Maschine beobachtet, für welche mit dem zuvor beschriebenen Anfahrasistenten keine zufriedenstellenden Ergebnisse gefunden werden konnten. Insbesondere wurden fallweise Ersteinstellungen mit nicht ausreichend guter Qualität getroffen oder es wurden ausreichend gute Ergebnisse erst nach einer unverhältnismäßig großen Anzahl von Probezyklen und Parameteranpassungen erreicht.

Aufgabe der gegenständlichen Erfindung ist es daher, das vorbekannte Verfahren dahingehend zu verbessern, dass es bei einer erweiterten Anzahl von Kombinationen aus Werkstoff, Werkzeug und Maschine mit einer möglichst geringen Anzahl von Probezyklen

und mit einer größeren Zuverlässigkeit zu einer erfolgreichen Grund- bzw. Ersteinstellung für eine ausreichend gute Qualität des Formteils führt.

Diese Aufgabe wird durch die Maßnahmen gemäß Anspruch 1 gelöst.

Ein sich durch das erfindungsgemäße Vorgehen ergebender Vorteil liegt darin, dass bereits nach kurzer Zeitdauer eine Grundeinstellung gefunden werden kann, welche mit relativ hoher Zuverlässigkeit eine erhöhte Qualität der produzierten Formteile gewährleistet. Als eine die semiautomatische Ersteinstellung wesentlich bestimmende Einflussgröße wurde der große, insgesamt mögliche Wertebereich des Fließverhaltens, insbesondere der Viskosität, der verarbeitbaren Kunststoffe bzw. Formmassen identifiziert. Da es sich dabei um sogenannte strukturviskose Werkstoffe handelt, ist diese Viskosität nicht bloß von der Masse- bzw. der Verarbeitungstemperatur der Werkstoffe bzw. Formmasse abhängig, sondern ist das Fließverhalten bzw. die Viskosität der Formmasse vor allem auch von der jeweils vorliegenden bzw. gewählten Ausstoß- bzw. Fließgeschwindigkeit, d.h. von der Einspritzgeschwindigkeit der Formmasse abhängig. Dabei bewirkt eine erhöhte Ausstoß- bzw. Fließgeschwindigkeit der Kunststoffschmelze eine erhöhte Scherung und Entschlaufung der Polymerketten der Kunststoffschmelze, wodurch die Fließfähigkeit der Kunststoffschmelze zunimmt, d.h. deren Viskosität abnimmt. Genau hier setzt das erfindungsgemäße, teilautomatische Einstellverfahren an. Der entscheidende Vorteil der steuerungstechnisch geführten bzw. halbautomatischen Ersteinstellung entsprechend dem erfindungsgemäßen Verfahrensablauf liegt somit vor allem darin, dass eine reproduzierbare und von einschlägigen Fachkenntnissen der Bedienperson relativ unabhängige sowie hinsichtlich Fertigungsqualität und Zyklusdauer bereits ausgezeichnete Grundeinstellung der Maschine erhalten wird. Der Einstellprozess erfolgt dabei dennoch auf eine besonders funktions- bzw. prozesssichere Weise, sodass eine Beschädigung von Maschine und Werkzeug zuverlässig vermieden wird.

Bei den weiterführenden Maßnahmen gemäß Anspruch 2 ist von Vorteil, dass eine relativ zuverlässige bzw. von Fremdeinflüssen möglichst befreite Ermittlung des Fließverhaltens, insbesondere der Viskosität der Kunststoffschmelze erzielt wird. Insbesondere wird dabei noch vor Beginn der Probe-Fertigungszyklen mit aufgesetztem Werkzeug zumindest ein Ausspritzvorgang nur durch die Düse ins Freie, d.h. ohne aufgesetztes Form-Werkzeug durchgeführt. Aus der dabei auftretenden Durchflussmenge, dem gemessenen Staudruck an der Düse und aus der Geometrie der Düse wird sodann eine Kenngröße für die Viskosität der Werkstoffmasse gewonnen bzw. errechnet. Diese Kenngröße für die Viskosität

wird dann zur Anpassung der Ausgangswerte und/oder der Iterationsschrittweiten für nachfolgende Probe-Fertigungszyklen herangezogen.

Durch die Maßnahmen gemäß Anspruch 3 und/oder 4 ist eine zuverlässige Erfassung der Schmelzenviskosität bzw. des jeweiligen Fließverhaltens der Kunststoffschmelze erzielbar. Darüber hinaus sind die jeweils benötigten Sensoriken bzw. Detektionsmittel zur Erfassung der entsprechenden Parameterwerte überaus funktionszuverlässig. Ferner sind bei den meisten Typen von Spritzgießmaschinen keine gesonderten bzw. keine zusätzlichen Messmittel zu implementieren, um die jeweils vorliegende Viskosität der Kunststoffschmelze zumindest annähernd rechnerisch ermitteln zu können.

Von Vorteil sind auch die Maßnahmen nach Anspruch 5, da dadurch die höchste Viskosität bzw. die größte Zähflüssigkeit der Formmasse als Ausgangsbasis für die Einstellungen an den davon abhängigen Prozessparametern der Spritzgießmaschine herangezogen wird. Dadurch wird ein möglichst hoher Formfüllungsgrad gewährleistet, sodass relativ rasch zu einer regulären Produktionsphase übergegangen werden kann.

Ein relativ kurzfristig erfolgreiches Einstellverfahren bzw. eine Einstellprozedur mit relativ wenigen Iterationszyklen kann auch durch die Maßnahmen gemäß Anspruch 6 erzielt werden. Insbesondere werden durch die Berücksichtigung von vorhandenen materialspezifischen Erfahrungswerten für die Viskosität und deren Abhängigkeit von der jeweiligen Ausstoß- bzw. Fließgeschwindigkeit der Kunststoffschmelze gute Ausgangswerte für die nachfolgenden Probezyklen gefunden und wird damit möglichst rasch bzw. mit nur wenigen Probezyklen eine prozessfähige Grundeinstellung hergestellt.

Bei den Maßnahmen gemäß Anspruch 7 ist von Vorteil, dass ohne eine größere Anzahl iterativer Versuche ein geeigneter Grenzwert für den Einspritzdruck gefunden wird, bei dem das Form-Werkzeug während der Einstellphase einerseits vollständig gefüllt wird, andererseits aber auch nicht überspritzt wird, sodass keine oder nur vernachlässigbare Grate an den Formteilen entstehen. Außerdem wird sichergestellt, dass keine Überbeanspruchung oder gar Beschädigung des Form-Werkzeuges eintritt.

Durch das iterative, probeweise Vorgehen nach Anspruch 8 wird mit hoher Zuverlässigkeit relativ rasch, planmäßig und reproduzierbar eine prozessfähige Einstellung ermittelt, mit welcher qualitativ entsprechende Formteile produziert werden können.

Durch die vorteilhaften Maßnahmen nach Anspruch 9 können einerseits Überprüfungen durchgeführt werden, inwiefern sich die jeweiligen Prozessparameter wertemäßig entwickelt bzw. verändert haben. Daraus kann die Bedienperson entsprechendes Know-How ableiten und so künftige Einstellprozeduren weiter beschleunigen. Außerdem kann dadurch eine Datenbank aufgebaut werden, durch welche den variierenden Einstellungen bzw. Konfigurationen der Maschine die jeweils passenden bzw. bisher erfolgreich angewandten Einstellungen einfach zugeordnet werden können, um in einfacher Art und Weise nachfolgend wieder abgerufen und erneut angewandt werden zu können. Darüber hinaus werden Situationen, Bedingungen und die dabei vom Einstellassistenten durchgeführten Einstellprozeduren und ermittelten Einstellwerte dokumentiert um Problemfälle identifizieren und den Einstellassistenten weiter optimieren zu können.

Durch die Maßnahmen gemäß Anspruch 10 wird sichergestellt, dass nur autorisierte Bedienpersonen Veränderungen bzw. Anpassungen der Einstellungen der Spritzgießmaschine vornehmen können. Dadurch werden Beeinträchtigungen von Sachwerten bzw. Qualitätseinbußen infolge unsachgemäßer Manipulationen an den Einstellungen vermieden. Darüber hinaus wird sichergestellt, dass nur entsprechend berechtigte bzw. unterwiesene Bedienpersonen die jeweiligen Bedien- bzw. Einstellhandlungen vornehmen können. Ferner ist dadurch eine entsprechende Nachvollziehbarkeit gewährleistet, wodurch bei diversen Veränderungen der Maschineneinstellungen erhöhtes Verantwortungsbewusstsein erzielt wird.

Durch die Maßnahmen gemäß Anspruch 11 kann einerseits die Wahrscheinlichkeit von Fehlern während des Einstellverfahrens reduziert werden. Zudem wird es dadurch ermöglicht, den Einstellvorgang an der Spritzgießmaschine nochmals zu beschleunigen.

Mittels den Maßnahmen gemäß Anspruch 12 behält die Bedienperson die volle Entscheidungskraft in Bezug auf den vom Anfahrassistenten empfohlenen Ablauf bzw. Unterstützungsumfang. Insbesondere kann die Bedienperson jederzeit frei entscheiden, ob eine Unterstützung durch Interaktion mit dem Anfahrassistenten für die jeweilige Einstellphase erforderlich ist oder nicht. Beispielsweise kann dadurch eine Hilfeleistung nur für jene Prozessphasen in Anspruch genommen werden, in welchen eine solche erforderlich erscheint. Demgegenüber kann in jenen Einstellphasen, in welchen keine Hilfestellung erforderlich ist, der Anfahrassistent deaktiviert werden und dadurch unter Umständen ein rascheres Vorankommen im Einstellverfahren erzielt werden.

Durch die Maßnahmen gemäß Anspruch 13 wird eine praktikable „Exit-Möglichkeit“ geschaffen, durch welche eine Bedienperson beim Eintreten besonderer Umstände, wie zum Beispiel beim Erkennen eines Fehlers oder Irrtums bei der Einstellung oder Konfiguration der Spritzgießmaschine, einen geordneten Abbruch des Verfahrens durchführen kann. Insbesondere wird dadurch ein nachteiliges, rigores Abschalten des Anfahrassistenten durch eine Bedienperson, was bei komplexen Spritzgießmaschinen und Prozessen zu Beschädigungen führen kann, zumindest weitestgehend vermieden.

Durch die Maßnahmen gemäß Anspruch 14 wird eine so genannte Endlosschleife verhindert. Insbesondere wird dann, wenn mit der vorhandenen Konfiguration eine zufriedenstellende Formteilqualität offenbar nicht erreichbar ist, das Einstellverfahren mit einem entsprechenden Hinweis beendet.

Durch die Maßnahmen gemäß Anspruch 15 wird sichergestellt, dass bereits bewährte bzw. optimale Prozessparameter erhalten bleiben und auf diese zurückgegriffen werden kann, wenn sie weiterhin als am besten geeignet anzusehen sind. Außerdem kann bei einem nicht erfolgreichem Abschluss des durch den Anfahrassistenten unterstützten Einstellverfahrens jederzeit auf zuvor bereits angewandte Werte bzw. Prozessparameter zurückgegriffen werden.

Schließlich sind die Maßnahmen nach Anspruch 16 von Vorteil, da sich dadurch das für die Bedienperson erforderliche Wissen über das verwendete Material auf eine entsprechend identifizierene Kennung reduzieren lässt. Mehrere für die Verarbeitung des jeweiligen Materials vorteilhafte oder einschränkende Prozessparameter müssen nicht aufwändig und potenziell fehleranfällig aus Datenblättern oder Tabellen des Herstellers gelesen und eingegeben werden, sondern werden automatisch anhand der Materialkennung eingestellt. Der Komfort, aber auch die Effizienz bezüglich der Findung einer prozessfähigen Grundeinstellung werden dadurch deutlich erhöht. Zudem wird auch dadurch die Wahrscheinlichkeit von Fehleinstellungen bzw. Fehlbedienungen deutlich reduziert.

Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

Es zeigen jeweils in stark vereinfachter, schematischer Darstellung:

Fig. 1 den Aufbau und die wesentlichsten Komponenten einer Spritzgießmaschine;

Fig. 2 die Plastifiziereinheit einer Spritzgießmaschine;

Fig. 3 ein Ausführungsbeispiel einer Düse einer Spritzgießmaschine;

Fig. 4 ein Diagramm umfassend die Parameter Viskosität, Einspritzdruck und mittlere Wandstärke des zu produzierenden Formteils.

Einführend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsformen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind diese Lageangaben bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen. Weiters können auch Einzelmerkmale oder Merkmalskombinationen aus den gezeigten und beschriebenen unterschiedlichen Ausführungsbeispielen für sich eigenständige, erfinderische oder erfindungsgemäße Lösungen darstellen.

Sämtliche Angaben zu Wertebereichen in gegenständlicher Beschreibung sind so zu verstehen, dass diese beliebige und alle Teilbereiche daraus mit umfassen, z.B. ist die Angabe 1 bis 10 so zu verstehen, dass sämtliche Teilbereiche, ausgehend von der unteren Grenze 1 und der oberen Grenze 10 mitumfasst sind, d.h. sämtliche Teilbereich beginnen mit einer unteren Grenze von 1 oder größer und enden bei einer oberen Grenze von 10 oder weniger, z.B. 1 bis 1,7, oder 3,2 bis 8,1 oder 5,5 bis 10.

In den Fig. 1 und 2 sind die wesentlichsten Komponenten einer standardmäßigen Spritzgießmaschine 1 zur Verarbeitung von Kunststoffen stark vereinfacht dargestellt. Eine solche Spritzgießmaschine 1 zur Durchführung eines Kunststoff-Spritzgießverfahrens weist unter anderem ein Maschinenbett 2, eine Schließeinheit 3 zum Öffnen und Schließen eines aufgespannten, mehrteiligen Form-Werkzeuges 4 und eine Plastifiziereinheit 5 auf, mit welcher der Rohstoff aus einem Vorratsbehälter 6 entnommen, in den fließfähigen Zustand überführt und durch eine Düse 7 in das geschlossene Form-Werkzeug 4 gepresst wird.

Das Form-Werkzeug 4 ist häufig mittels einer Temperier- oder Kühleinrichtung beheizbar oder kühlbar, um bei der Verarbeitung elastomerer Kunststoffe den Vernetzungsprozess zu ermöglichen oder bei thermoplastischen Kunststoffen eine optimale bzw. rasche Erstarrung der Formmasse durch Abkühlung zu bewirken.

Die Plastifiziereinheit 5 umfasst unter anderem einen in mehreren Zonen beheizbaren Hohlzylinder 8. Eine darin angeordnete, drehbare und auch in Längsrichtung verschiebbare Schneckenwelle 9 transportiert das aus dem Vorratsbehälter 6 nachfallende Kunststoff-Granulat in den vorderen Abschnitt der Plastifiziereinheit 5. Dabei wird das Material zu einem gewissen Teil durch eine Heizung 10, vor allem aber durch die beim Transport auftretende Friktionswärme aufgeschmolzen, d.h. plastifiziert. Insbesondere wird das Granulat durch die Schneckenwelle 9 nicht nur gefördert, sondern auch geschert, wodurch der Kunststoff schmilzt und allmählich plastifiziert bzw. homogenisiert. Das plastifizierte Material sammelt sich im vorderen Abschnitt, insbesondere in einer Düsenvorkammer 11 der Plastifiziereinheit 5 an, wobei gleichzeitig die Schneckenwelle 9 nach hinten zurückweicht bzw. sich gegenüber der Düse 7 der Plastifiziereinheit 5 zunehmend distanziert. Sobald in der Düsenvorkammer 11 eine ausreichende Menge plastifizierten Form-Materials vorliegt, ist die Plastifizierphase abgeschlossen. Die Düsenvorkammer 11 bzw. die Düse 12 stellt dabei einen bevorzugten Erfassungsabschnitt 12 für die Temperatur der Kunststoffschmelze und/oder für den jeweils auftretenden Einspritzdruck der Kunststoffschmelze, d.h. der Formmasse dar.

Daraufhin wird in der so genannten Einspritzphase das plastifizierte Material durch die Düse 7 im vorderen Abschnitt der Plastifiziereinheit 5 ausgestoßen und in das an der Düse 7 anliegende Form-Werkzeug 4 gepresst, bis dieses vollständig gefüllt ist. Das Einspritzen der Formmasse erfolgt durch ein zunächst geschwindigkeitsgeregeltes, axiales Vorwärtsschieben der Schneckenwelle 9, wobei eine Rückflusssperre 13 am vorderen Ende der Schneckenwelle 9 ein Zurückweichen der Formmasse durch den Schnecken-gang verhindert. Die Schneckenwelle 9 wirkt also in der Einspritzphase wie ein Kolben.

Am Ende der Einspritzphase ist das Form-Werkzeug 4 vollständig gefüllt und es wird von der geschwindigkeitsgeregelten, axialen Vorwärtsbewegung der Schneckenwelle 9 auf eine druckgeregelte Bewegung umgeschaltet, wobei nur noch ein relativ geringer Weg zurückgelegt wird, bis die Schneckenwelle 9 schließlich stillsteht. Diese Phase wird als Nachdruckphase bezeichnet, in welcher das mit der Abkühlung bzw. Vernetzung der Formmasse im Form-Werkzeug 4 einhergehende Schwinden durch weiteres geringes Nachfördern von Formmasse bzw. durch die Erstarrung unter Überdruck ausgeglichen wird. Diese Nachdruckphase ist besonders bedeutsam für die Qualität der gefertigten Formteile. Die Nachdruckphase ist beendet, sobald die Formmasse zumindest im Angusskanal des Form-Werkzeuges 4 verfestigt ist. Dann wird der axiale Druck auf die Schneckenwelle 9 abgestellt, die Düse 7 der Plastifiziereinheit 5 geschlossen und das

Form-Werkzeug 4 von der Düse 7 getrennt, um während der restlichen Abkühlphase einen unerwünschten Wärmeübergang von der Düse 7 auf das Form-Werkzeug 4 zu vermeiden.

Nachfolgend beginnt die Abkühl- bzw. Vernetzungsphase, in der das Formteil im Form-Werkzeug 4 zumindest teilweise erstarrt. Nach ausreichender bzw. vollständiger Erstarrung wird das Form-Werkzeug 4 geöffnet und das Formteil entnommen oder ausgestoßen. Während der Abkühlphase wird in der Plastifiziereinheit 5 üblicherweise bereits wieder Material für den nächsten Fertigungszyklus aufgeschmolzen. Nach dem Schließen des Form-Werkzeuges 4 und dem Wiederanlegen an die Düse 7 der Plastifiziereinheit 5 ist die Spritzgießmaschine 1 bereit für den Einspritzvorgang von plastifizierter Formmasse für das nächste Formteil bzw. die nächste Teileserie.

Es sei darauf hingewiesen, dass der oben geschilderte Ablauf des Spritzgießprozesses teilweise stark vereinfacht und beispielhaft ist und nur zur Orientierung gedacht ist. Zahlreiche detaillierte Darstellungen und Varianten sind der umfangreichen einschlägigen Fachliteratur zu entnehmen.

Zum Herstellen eines prozessfähigen Ablaufes ist einerseits die Schließseite der Spritzgießmaschine 1 zu betrachten, dabei beispielsweise das Öffnen und Schließen des Form-Werkzeuges 4, die Auswerferbewegung und die Werkzeugtemperierung. Weiters hat natürlich die Spritzseite der Spritzgießmaschine 1, insbesondere die Plastifiziereinheit 5, wesentlichen Einfluss auf den Ablauf des Spritzgießprozesses. Dabei sind beispielsweise die Zylinderwandtemperatur, die Bewegung des Spritzaggregats und die Zeitpunkte bzw. Parametergrößen während der Einspritz- und Nachdruckphase maßgeblich.

Verschiedene maschinen- und werkzeugspezifische Einstellungen wie beispielsweise das Öffnen und Schließen des Form-Werkzeuges, die Auswerferbewegung, der Formsicherungsdruck und die Schließkraft wirken sich nicht oder nicht nennenswert auf den eigentlichen Prozessablauf und die jeweils erzielte Qualität der Formteile aus. Ihre Einstellung erfolgt in der Regel nach firmen- oder herstellerspezifischen Richtlinien bzw. sind diese Einstellungen bereits in einer Steuervorrichtung 14 der Spritzgießmaschine 1 entsprechend abgebildet. Ein iteratives Anpassen dieser Einstellungen ist für gewöhnlich nicht erforderlich.

Der Schwerpunkt des erfindungsgemäßen Einstellverfahrens liegt daher in der Ermittlung und Einstellung jener Betriebsparameter, welche den Prozessablauf und damit die Quali-

tät der erhaltenen Formteile maßgeblich mitbestimmen. Als Basis für die Einstellungen dienen Erfahrungswerte und Richtlinien der Rohstoffhersteller, sowie einfache physikalische Zusammenhänge zur Beschreibung einzelner Teilprozesse. Die tatsächlich geeigneten Einstellwerte können jedoch aufgrund der vielfachen Abhängigkeiten von Werkstoff, Form-Werkzeug 4 und Spritzgießmaschine 1 nicht einfach vorgegeben werden, sondern sind diese üblicherweise in einem iterativen Prozess zu ermitteln. Ein Ziel des erfindungsgemäßen Einstellverfahrens ist unter anderem die Ermittlung dieser Einstellwerte mit einer möglichst geringen Anzahl an erforderlichen Iterationen und damit einer möglichst geringen Anzahl von Probefertigungszyklen.

Für eine zielführende Anfahrstrategie müssen unter anderem die Einflussgrößen Masse-temperatur, Werkzeugtemperatur, Dosierweg bzw. Dosiervolumen, Staudruck, Einspritzgeschwindigkeit, Umschaltzeit bzw. Umschaltkriterium auf Nachdruck, Nachdruckhöhe, Nachdruckzeit und Kühlzeit untersucht werden.

Aus den obigen Darlegungen ist erkennbar, dass es in einem solchen Spritzgießprozess zahlreiche Parameter mit vielschichtigen, gegenseitigen Beeinflussungen gibt, die für eine Erzielung eines stabilen Prozessablaufes bzw. für einen möglichst raschen Start eines qualitativ zufrieden stellenden Fertigungsprozesses eine erhöhte Herausforderung an das Bedienpersonal darstellen. Zum Zweck der halbautomatischen, geführten Ersteinstellung der Spritzgießmaschine 1 ist in deren Steuervorrichtung 14 ein Anfahrassistent 15 als Programmmodul implementiert. Dieser softwaretechnische Anfahrassistent 15 ist in der Art eines so genannten Wizards umgesetzt, wie er aus vielen herkömmlichen computerbasierten Anwendungsprogrammen bekannt ist. Dabei wird die Bedienperson über ein Bedienerinterface, insbesondere via diverse Ein- und Ausgabemittel 16 der Steuervorrichtung 14, beispielsweise über einen Bildschirm mit Touchscreen, schrittweise und systematisch durch die verschiedenen Phasen der Ersteinstellung geleitet. Die Steuervorrichtung 14 und/oder der Anfahrassistent 15 kann dabei als integraler Bestandteil der Spritzgießmaschine 1 und/oder als baulich eigenständige, gegebenenfalls auch als zentrale Einheit für mehrere Spritzgießmaschinen 1, ausgeführt sein.

Der Anfahrassistent 15 sammelt und ermittelt wesentliche Daten und Charakteristiken über das verwendete Spritzgießwerkzeug, insbesondere über das Form-Werkzeug 4, den verwendeten Spritzgießwerkstoff, insbesondere die Kunststoff-Formmasse und gegebenenfalls über die grundlegenden Betriebsdaten bzw. Betriebsweisen der Spritzgießma-

schine 1. Diese Daten bzw. Charakteristiken sind teilweise von der Bedienperson einzugeben und/oder durch Testoperationen automatisiert ermittelbar.

Charakteristisch für den Einstellvorgang ist weiters, dass auch eine Durchführung von üblicherweise mehreren, versuchsweisen Fertigungszyklen erfolgt, wobei die hergestellten Formteile von der Bedienperson hinsichtlich einfach zu bestimmender Qualitätsmerkmale möglichst objektiv, zum Teil aber subjektiv zu beurteilen sind. Die Ergebnisse dieser Beurteilung werden jeweils in den Anfahrassistenten 15 eingegeben und von diesem zur weiteren Anpassung und Verbesserung der Maschineneinstellung herangezogen, bis schließlich Formteile von ausreichend guter Grundqualität erzielt werden.

Das entsprechende Einstellverfahren kann in mehrere Phasen oder Abschnitte unterteilt werden:

In einer ersten Phase erfolgt eine Vorgabe einiger wesentlicher Grundeinstellungen betreffend das verwendete Form-Werkzeug 4 und den verwendeten Werkstoff anhand von Materialdaten, sowie eine Überprüfung wichtiger Rahmenbedingungen durch die Bedienperson.

In dieser Phase werden von der Bedienperson beispielsweise die Bezeichnung des verwendeten Kunststoff-Materials und/oder dessen Handelsname eingegeben, woraufhin aus einer hinterlegten Materialdatenbank die vom jeweiligen Hersteller empfohlenen Einstellbereiche der wichtigsten Verarbeitungsparameter bzw. die daraus resultierenden Prozessgrenzen automatisch in den Anfahrassistenten 15 importiert werden. Zu den wichtigsten Verarbeitungsparametern gehören unter anderem die Entformungstemperatur, die Werkzeugtemperatur, die Massetemperatur, d.h. die Temperatur der Kunststoffschmelze, und die Plastifiziergeschwindigkeit, d.h. die Drehzahl bzw. Umfangsgeschwindigkeit der Schneckenwelle 9. Die Höhe des Staudrucks zum Erzielen einer ausreichenden Schmelzeshomogenität beim Plastifizieren richtet sich ebenfalls nach Empfehlungen des Werkstoffherstellers und ist weiters abhängig von der Bauform der Schneckenwelle 9. Soweit vorhanden, werden die im Regelfall als optimal geltenden Werte für die Verarbeitungsparameter voreingestellt oder ansonsten vom Anfahrassistenten 15 vorgeschlagen. Fehlen Herstellervorgaben oder sollen bewusst davon abweichende Werte verwendet werden, können diese durch die Bedienperson gegebenenfalls auch manuell verändert werden. Auch die Definition eines neuen Materials durch den Benutzer, sowie deren Hinterlegung in der Datenbank des Anfahrassistenten 15 ist möglich, um für künftige Verwendungen einfach abrufbar zu sein.

Die möglichen Einstellbereiche können vom Anfahrassistenten 15 in Abhängigkeit von den Eigenschaften der jeweiligen Spritzgießmaschine 1 auch beschränkt werden. Solche einschränkenden Maschineneigenschaften können beispielsweise der maximale Einspritzdruck oder die maximale Einspritzgeschwindigkeit sein.

Weiters sind einige wesentliche, charakteristische Daten zum verwendeten Form-Werkzeug 4 durch den Benutzer vorzugeben. Solche werkzeugspezifischen Eingaben sind beispielsweise die durchschnittliche und die maximale Wandstärke des zu produzierenden Formteils und/oder des Form-Werkzeuges 4 und gegebenenfalls weitere geometrische Daten des Formteils, sowie bestimmte Konfigurationen und Ausführungsformen des Form-Werkzeuges 4, wie zum Beispiel ob es sich um eine Ausführung mit einem sogenannten Stangenanguss oder mit einem Heißkanal handelt.

Bevor mit dem halbautomatischen Einstellvorgang begonnen wird, prüft der Anfahrassistent 15 das Vorliegen einiger wesentlicher Rahmenbedingungen und Konfigurationen. Sofern eine automatische Überprüfung einzelner Kriterien technisch nicht möglich oder nicht implementiert ist, ist das Vorliegen dieser Bedingungen durch die Bedienperson zu überprüfen und das Ergebnis dieser Überprüfung in einer Eingabemaske des Anfahrassistenten 15, beispielsweise in Art einer Checkliste, einzugeben. Dadurch ist sichergestellt, dass wichtige und möglicherweise sicherheitsrelevante Kriterien nicht übersehen werden bzw. erfüllt sind. Solche Kriterien sind beispielsweise ein korrekt montiertes Form-Werkzeug 4, ein korrekt eingestellter Formschutz um das Form-Werkzeug 4 beim Schließen vor Beschädigung zu schützen, das Erreichen der korrekten Werkzeugtemperatur und/oder ein korrekt angeschlossenes Auswerferpaket. Je nach der zuvor angegebenen Konfiguration und Materialauswahl können auch noch weitere Kriterien zu überprüfen sein, wie etwa das Erreichen der Betriebstemperatur für den Heißkanal und eine unter Umständen durchgeführte Vortrocknung des verwendeten Kunststoff-Granulats, falls dieses im Hinblick auf Luftfeuchtigkeit empfindlich sein sollte.

Wurde das Vorliegen der erforderlichen Bedingungen automatisiert festgestellt und/oder durch die Bedienperson bestätigt, und sind darüber hinaus eventuell vorhandene Schutztüren und Sicherheitseinrichtungen an der Spritzgießmaschine 1 geschlossen bzw. aktiviert, wird nach einer gegebenenfalls zusätzlichen, bewussten Bestätigung durch die Bedienperson die nächste Phase des Einstellprozesses eingeleitet.

In der zweiten Phase werden eine Reihe von Maschinenoperationen bzw. probeweisen Fertigungszyklen oder Teilfertigungszyklen durchgeführt und die dabei ermittelten Pro-

zessgrößen und die festgestellten Qualitätsmerkmale der entstehenden Formteile werden zur Bestimmung geeigneter Einstellwerte bzw. zur Bestimmung von zu optimierenden Einstellparametern für eine prozessfähige Ersteinstellung verwendet. Wesentlich ist dabei, dass mittels der Steuervorrichtung 14 bzw. unter Einbindung oder Anleitung des Anfahrassistenten 15 zumindest eine näherungsweise Bestimmung der Viskosität der plastifizierten Formmasse oder eine Bestimmung einer ähnlichen Kenngröße, welche die Fließeigenschaften des Kunststoff-Materials, insbesondere der Kunststoffschmelze geeignet charakterisiert, erfolgt.

Entsprechend einer vorteilhaften Ausführungsform wird dabei von der Plastifiziereinheit 5 zunächst ein so genannter Leerschuss durchgeführt, d.h. es erfolgt ein Materialausstoß nur durch die Düse 7 der Spritzgießmaschine 1 in den freien Raum anstatt in das Form-Werkzeug 4. Dabei werden die Plastifiziergeschwindigkeit, d.h. der Volumenstrom \dot{V} und der dabei an der Düse entstehende Druck bzw. Druckabfall bestimmt und über die bekannte Geometrie der Düse 7 wird die Viskosität der Schmelze zumindest näherungsweise berechnet. Bei diesem Schmelze-Ausstoß wird vorzugsweise dieselbe Temperatur der Schmelze und dieselbe Einspritzgeschwindigkeit regelungstechnisch vorgegeben, die auch als Ausgangswerte für die nachfolgenden probeweisen Fertigungszyklen mit einem entsprechend angelegten Form-Werkzeug 4 vorgesehen sind. Die Festlegung des Ausgangswertes für die Einspritzgeschwindigkeit erfolgt vorzugsweise in Abhängigkeit der mittleren Wandstärke des Formteils oder des Verhältnisses von Fließlänge zu Wandstärke des Formteils, sofern dieses bekannt ist.

Die dabei an der Düse 7 auftretende Druckdifferenz Δp wird ermittelt bzw. wird der Schmelzendruck p_s in der Düsenvorkammer 11 gemessen, oder ausgehend von einer auf die Schneckenwelle 9 wirkenden Kraft, insbesondere über den Hydraulikdruck, rechnerisch ermittelt. Gegebenenfalls wird dieser Wert um den äußeren Umgebungsdruck p_A korrigiert, obwohl der Umgebungsdruck p_A auch vernachlässigt werden kann. Diese Druckdifferenz Δp wird dann zur Berechnung der Viskosität η gemäß der nachfolgenden Formel herangezogen:

$$\eta = \frac{k \cdot \Delta p \cdot e_0}{\dot{V}}$$

Wobei die jeweiligen Formelzeichen für folgende Parameter bzw. physikalische Größen stehen:

η ... Viskosität (Pa * s bzw. mPas)

Δp ... Druckabfall bzw. benötigter Druck (Pa)

e_0 ... 0,815 (Konstant)

\dot{V} ... Volumenstrom (mm³/s)

k ... Düsenleitwert (mm³)

Der Druckabfall an der Düse 7 ist wie folgt ermittelbar:

$$\Delta p = p_S - p_A$$

Wobei die jeweiligen Formelzeichen für folgende Parameter bzw. physikalische Größen stehen:

p_S ... Druck der viskosen Masse in der Schnecken- bzw. Düsenvorkammer (Pa)

p_A ... äußerer Umgebungsdruck (Pa)

Der zur Berechnung der Viskosität η weiters benötigte Düsenleitwert k ist in Bezug auf die beispielhafte Düsengeometrie mit rundem Querschnitt entsprechend der Darstellung in Fig. 3 wie folgt berechenbar:

$$k = 1 / \left(\frac{8 \cdot L_1}{\pi \cdot R_1^4} + \frac{8 \cdot L_2}{\pi \cdot R_2^4} + \frac{8 \cdot L_3}{\pi \cdot R_3^4} \right)$$

Der Volumenstrom \dot{V} ist über die Plastifizierungsgeschwindigkeit v_s wie folgt ermittelbar:

$$\dot{V} = \frac{v_s \cdot D^2 \cdot \pi}{4}$$

Die jeweiligen Formelzeichen stehen für folgende Parameter bzw. physikalische Größen:

v_s ... Plastifizierungsgeschwindigkeit bzw. Vorschubgeschwindigkeit der Schneckenwelle

D ... Durchmesser der Schneckenwelle

Aus der ermittelten Viskosität η und der mittleren Wandstärke d des Formteils als weiteren Parameter, wird nun aus einem Diagramm 17, wie es in Fig. 4 beispielhaft veranschaulicht wurde, insbesondere aus einer entsprechenden Daten- bzw. Parametermatrix, d.h. einer Tabelle, ein geeigneter Ausgangswert für den Einspritzdruck ermittelt, welcher für die nachfolgende Phase zur Bestimmung des Formteilmolumens verwendet wird. In dieser Tabelle, in welcher in einfacher Form üblicherweise praktikable Erfahrungswerte abgebildet sind, kann dabei durch Interpolation der jeweilige Einspritzdruck zumindest

näherungsweise ermittelt werden. Je nach Art der Spritzgießmaschine 1 kann der Einspritzdruck bzw. die einzustellende Druckbegrenzung als Absolutdruck oder auch als Prozentwert bezogen auf den zulässigen Maximaldruck der Spritzgießmaschine 1 angegeben sein.

Das Diagramm 17 gemäß Fig. 4 stellt zur Veranschaulichung den Inhalt einer solchen Tabelle qualitativ dar. In dieser Tabelle sind für verschiedene mittlere Wandstärken d des Formteiles die jeweils einzustellenden Anfangswerte für den Einspritzdruck bzw. für die Druckbegrenzung in Prozent des maximal zulässigen bzw. maximal möglichen Einspritzdruckes der Spritzgießmaschine 1 in Abhängigkeit von der ermittelten Viskosität η der Kunststoffschmelze eingetragen. Diese Werte für den Einspritzdruck basieren auf Erfahrungswerten bzw. werden diese Abhängigkeiten bevorzugt experimentell ermittelt.

Die Werte im Diagramm 17 bzw. aus der entsprechenden, datentechnischen Tabelle fließen also in den Anfahrassistenten 15 bzw. in die Betriebsweise der Steuervorrichtung 14 ein, um so einen geeigneten Arbeitspunkt, insbesondere Einspritzdruck zu eruieren. Dieses Diagramm 17 ist dabei als absolut beispielhaft und teilweise verzerrt anzusehen.

Ab nun werden mehrere Maschinenoperationen bzw. probeweise Fertigungszyklen mit jeweils an die Plastifiziereinheit 5 angelegtem Form-Werkzeug 4 ausgeführt. Dabei erfolgt eine vorläufige Bestimmung des erforderlichen Dosierweges an der Plastifiziereinheit 5 und eine vorläufige Festlegung des späteren Umschaltpunktes vom geschwindigkeitsgeregelten Einspritzvorgang auf die druckgeregelter Nachdruckphase.

Zu Beginn dieser Operation wird die Plastifiziereinheit 5 bzw. deren Schneckenwelle 9 auf in etwa 95% des maximal möglichen Dosierweges aufdosiert. Dabei wird Kunststoffgranulat vom Vorratsbehälter 6 durch die beheizte Schneckenwelle 9 plastifiziert und in den Abschnitt zwischen Schneckenwelle 9 und Düse 7, d.h. in die Düsenvorkammer 11 transportiert, wobei die Schneckenwelle 9 durch das nach vorne transportierte Material gleichzeitig nach hinten geschoben wird. Der axiale Antrieb, insbesondere die Schiebehdraulik der Schneckenwelle 9 setzt dem Zurückweichen der Schneckenwelle 9 einen gewissen Widerstand entgegen und sorgt so für einen gewissen Staudruck in der Düsenvorkammer 11. Die Position der Schneckenwelle 9 wird während des Aufdosierens von der Steuervorrichtung 14 überwacht. Beim Erreichen von vorzugsweise ca. 95% des maximalen Hubes und damit auch 95% des maximal möglichen Dosiervolumens wird der Dosiervorgang beendet, d.h. die Drehbewegung der Schneckenwelle 9 wird gestoppt. Die Rotationsge-

schwindigkeit der Schneckenwelle 9 orientiert sich in der Regel an Angaben des Materialherstellers.

Anschließend erfolgt ein ausschließlich druck geregelter oder druckbegrenzter Einspritzvorgang in das Form-Werkzeug 4. Die Höhe des verwendeten Einspritzdruckes wird regelungstechnisch in Abhängigkeit von der zuvor ermittelten Viskosität η der Masse und der minimalen Wandstärke des Formteiles festgelegt. Die ausschließliche Druckregelung während des probeweisen Einspritzvorganges stellt sicher, dass das Form-Werkzeug 4 trotz unbekanntem Volumen nicht „überspritzt“ wird, d.h. dass keine Grate entstehen bzw. dass das Form-Werkzeug 4 durch Druckspitzen nicht beschädigt wird. Die Festlegung des Einspritzdruckes in Abhängigkeit von der zuvor ermittelten Viskosität η der plastifizierten Kunststoff-Masse stellt außerdem sicher, dass das Form-Werkzeug 4 möglichst vollständig gefüllt wird und das dabei zu ermittelnde Aufnahmevolumen des Form-Werkzeuges 4 möglichst genau bestimmt wird, ohne jedoch das Form-Werkzeug 4 bei dieser Ermittlung des Aufnahmevolumens zu überspritzen.

Via die Steuervorrichtung 14 wird das Ende der Vorwärtsbewegung der Schneckenwelle 9 detektiert. Dies kann z.B. über eine Geschwindigkeitsgradienten-Methode erfolgen. Am Ende der Vorwärtsbewegung ist eine zumindest weitgehende Füllung des Form-Werkzeuges 4 erreicht und der Anfahrasistent 15 bestimmt aus dem in axialer Richtung zurückgelegten Weg der Schneckenwelle 9 den vorläufigen Dosierweg. Weiters legt der Anfahrasistent 15 den vorläufigen Umschaltzeitpunkt für die Nachdruckphase als Ausgangspunkt für die nachfolgenden probeweisen Fertigungszyklen fest. Weitere Details und Varianten zu diesem Schritt sind der einleitend genannten Studienarbeit entnehmbar.

Nach den vorhergehend beschriebenen Ermittlungen folgen mehrere probeweise Fertigungszyklen bzw. Spritzversuche, wobei der Einspritzvorgang in herkömmlicher Weise geschwindigkeitsgeregelt durchgeführt wird, aber im Gegensatz zu einem regulären Fertigungszyklus während der Kühlzeit der Formmasse noch keine Beaufschlagung mit Nachdruck erfolgt. In üblicherweise mehreren Zyklen werden Probeteile gefertigt und anschließend geprüft. Erforderlichenfalls wird anschließend durch Anpassung von Prozessparametern versucht, den Füllgrad des Form-Werkzeuges 4 bzw. die Form der gefertigten Formteile schrittweise zu verbessern sowie gegebenenfalls die Lage bzw. das Umschaltkriterium für eine Umschaltung auf Nachdruck zu korrigieren.

Gelingt es, das Form-Werkzeug 4 mit den gewählten Parametern auf mindestens 95% zu füllen und wird dabei auch der eingestellte Grenzdruck nicht überschritten, so wird in die nächste Phase gewechselt, in welcher via den Anfahrassistenten 15 die geeignete Höhe des Nachdrucks ermittelt wird.

Falls die Formfüllung nach Begutachtung durch die Bedienperson als nicht ausreichend befunden wurde, versucht der Anfahrassistent 15 eine schrittweise Anpassung der nachfolgend angeführten Prozessparameter innerhalb der durch Spritzgießmaschine 1, das Form-Werkzeug 4 und den Werkstoff vorgegebenen Prozessgrenzen:

Erhöhung der Einspritzdruckbegrenzung bzw. des Einspritzdruckes

Erhöhung der Einspritzgeschwindigkeit

Erhöhung der Massetemperatur

Erhöhung der Werkzeugtemperatur.

Die Anpassung der obigen Parameter erfolgt dabei in einer Reihenfolge bzw. mit einer Priorität, in der die Parameter gelistet sind.

Die Schrittweite der vorgenommenen Änderungen ist vorzugsweise durch einen bestimmten Prozentsatz der Spanne zwischen den möglichen bzw. den empfohlenen Prozessgrenzen festgelegt. Insbesondere kann die Änderung des Wertes des jeweiligen Parameters ein definierter, maximaler Prozentsatz sein. Demnach kann eine Werteänderung mit z.B. 20% der Spanne zwischen den herstellenseitig angegebenen Grenzwerten von minimaler und maximaler Massetemperatur definiert sein. Bei mehrfacher Anpassung eines Parameters in mehreren aufeinander folgenden Probezyklen können aber ebenso auch unterschiedlich große Schrittweiten vorgesehen sein. Insbesondere kann die Schrittweite der Anpassung auch vom Abstand des Parameterwertes zu einem vorgegebenen Grenzwert abhängig gewählt sein.

Wird nach einer gewissen Anzahl von probeweisen Fertigungszyklen kein ausreichender Füllgrad erreicht oder keine Verbesserung mehr erzielt, wird das Einstellverfahren mit einem Fehlerhinweis des Anfahrassistenten 15 abgebrochen. Weitere Details und Varianten zu dieser Phase sind der bereits genannten Studienarbeit entnehmbar.

Nach erfolgreicher Durchführung von wie oben beschriebenen, probeweisen Fertigungszyklen wird zumindest ein vollständiger Fertigungszyklus mit den zuvor ermittelten Prozessparametern samt Beaufschlagung mit Nachdruck durchgeführt. D.h., dass am Ende

des Einspritzvorganges und während dem Abkühlvorgang, in welchem auch eine Material schrumpfung stattfindet, der viskose Werkstoff weiterhin mit einem gewissen Druck in das Form-Werkzeug 4 gepresst bzw. nachgefördert wird, bis das Material im Angusskanal des Form-Werkzeuges 4 schließlich erstarrt. Die Höhe des zunächst gewählten Nachdrucks sowie die technisch möglichen und empfohlenen Grenzen erfolgen anhand von Angaben des Herstellers der Spritzgießmaschine 1 und/oder des Werkstoffes.

Die erforderliche Nachdruckzeit wird durch jene Zeit bestimmt, bis zu der das Material im Angusskanal ausreichend erstarrt ist und diesen damit verschließt. Diese Zeit lässt sich näherungsweise aus der so genannten „Kühlzeitgleichung“ bestimmen:

$$t_N = \frac{s^2}{\pi^2 \cdot a_{eff}} \cdot \ln \left(\frac{4}{\pi} \cdot \frac{T_M - T_W}{T_e - T_W} \right)$$

- t_N Nachdruckzeit in s
 s Wanddicke im Bereich des Angusses
 a_{eff} effektive Temperaturleitfähigkeit (des Materials) in mm²/s
 T_M Massetemperatur in °C
 T_W Werkzeugtemperatur in °C
 T_e maximale Entformungstemperatur

Ist das gefertigte Formteil nach Begutachtung durch die Bedienperson vollständig gefüllt bzw. hinsichtlich seiner gewünschten Form komplett und weist es keine oder nur marginale Grate oder Einfallstellen und keinen maßgeblichen Verzug auf und weist auch die Oberfläche des Formteils ausreichende Qualität auf, wechselt der Anfahrassistent 15 zur nächsten und abschließenden Phase.

Wird die Qualität des jeweils zuletzt gefertigten Teils als nicht ausreichend befunden, erfolgt eine schrittweise Erhöhung des Nachdrucks samt nachfolgender Durchführung eines weiteren Fertigungszyklusses. Wird keine Verbesserung der Qualität mehr festgestellt oder eine gewisse Maximalanzahl von Fertigungszyklen überschritten, bricht der Anfahrassistent 15 das Verfahren mit einer Fehlermeldung ab.

In der abschließenden Phase des Einstellverfahrens erfolgt nur noch eine Anpassung des Massepolsters, d.h. jener Materialmenge, welche am Ende eines Spritzzyklusses in der

Düsenvorkammer 11 bzw. im Schneckenorraum verbleibt. Dazu werden die Position der axialen Endlage der Schneckenwelle 9 nach dem Aufdosieren sowie die Lage des Umschaltpunktes bzw. die Umschaltbedingung auf Nachdruck derart verschoben, dass am Ende des Spritzzyklusses ein Massepolster von etwa 10% des Dosierweges in der Düsenvorkammer 11 verbleibt.

Zur Kontrolle wird abschließend ein Fertigungszyklus mit dem finalen Satz von Fertigungsparametern durchgeführt, der Parametersatz für den nachfolgenden Fertigungsprozess in der Steuervorrichtung 14 der Spritzgießmaschine 1 gespeichert und der Anfahrassistent 15 ordnungsgemäß beendet.

Entsprechend einer vorteilhaften Ausführungsform werden die Eingaben und Bedienhandlungen der Bedienperson, die verwendeten Parameter zur Durchführung der probeweisen Fertigungszyklen und die dabei ermittelten Prozessgrößen in einem Protokoll gespeichert. Unabhängig davon kann es zweckmäßig sein, vor dem Start des Einstellverfahrens eine Identität und/oder Berechtigung der Bedienperson zu erfassen und das Einstellverfahren mittels dem Anfahrassistenten 15 nur bei entsprechend festgestellter Berechtigung auszuführen.

Ferner kann die Eingabe der Informationen durch den Benutzer betreffend Kunststoff-Material, Form-Werkzeug 4 und/oder Spritzgießmaschine 1 das elektronische Erfassen oder Auslesen maschinenlesbarer Datenträger, insbesondere von Barcodes oder Transpondern, umfassen. Zweckmäßig ist es auch, wenn das Einstellverfahren an zumindest einem Punkt durch ein Kommando des Bedieners abgebrochen und der Einstell- bzw. Anfahrassistent 15 vorzeitig beendet werden kann.

Entsprechend einer weiteren Ausführungsform kann der Anfahrassistent 15 durch ein Kommando einer Bedienperson vorzeitig beendet werden, wobei vom Anfahrassistenten 15 jene Teilprozesse noch abgeschlossen oder ausgeführt werden, oder vom Anfahrassistenten 15 jene Zustände noch hergestellt werden, durch welche eine beschädigungsfreie Stillsetzung und eine problemlose Wiederinbetriebnahme der Spritzgießmaschine 1 sichergestellt wird.

Eine effektvolle Maßnahme liegt weiters darin, die Anzahl der in der Versuchsphase durchgeführten Fertigungszyklen fortlaufend zu erfassen und beim Überschreiten einer vorgegebenen maximalen Anzahl von Versuchsphasen ohne Erreichung einer zufriedenstellenden Fertigungsqualität das Einstellverfahren automatisch abubrechen und via den

Anfahrassistenten 15 eine Fehlermeldung auszugeben. Ferner ist es zweckmäßig, bereits bestehende bzw. zuvor eingestellte Prozessparameter via den Anfahrassistenten 15 zu speichern und bei einem vorzeitigen Abbruch des Einstellverfahrens die gespeicherten Prozessparameter wieder herzustellen.

Eine praktikable Maßnahme liegt auch darin, wenn der Anfahrassistent 15 bei der Ermittlung geeigneter Einstellparameter und Prozessgrenzen auf eine Materialdatenbank zugreift und in Abhängigkeit von einer durch die Bedienperson eingegebenen Materialbezeichnung oder Datensatzkennung eine oder mehrere der folgenden Größen ausliest und für das Einstellverfahren verwendet: die minimale und maximale Massetemperatur; die minimale und maximale Werkzeugtemperatur; die maximale Entformungstemperatur; und die Temperaturleitfähigkeit des Kunststoff-Materials.

Die Ausführungsbeispiele zeigen mögliche Ausführungsvarianten des Einstellverfahrens bzw. des Anfahrassistenten 15, wobei an dieser Stelle bemerkt sei, dass die Erfindung nicht auf die speziell dargestellten Ausführungsvarianten derselben eingeschränkt ist, sondern vielmehr auch diverse Kombinationen der einzelnen Ausführungsvarianten untereinander möglich sind und diese Variationsmöglichkeit aufgrund der Lehre zum technischen Handeln durch gegenständliche Erfindung im Können des auf diesem technischen Gebiet tätigen Fachmannes liegt. Es sind also auch sämtliche denkbaren Ausführungsvarianten, die durch Kombinationen einzelner Details der dargestellten und beschriebenen Ausführungsvarianten möglich sind, vom Schutzzumfang mit umfasst.

Die den eigenständigen erfinderischen Lösungen zugrunde liegende Aufgabe kann der Beschreibung entnommen werden.

012715

Bezugszeichenaufstellung

- 1 Spritzgießmaschine
- 2 Maschinenbett
- 3 Schließeinheit
- 4 Form-Werkzeug
- 5 Plastifiziereinheit

- 6 Vorratsbehälter
- 7 Düse
- 8 Hohlzylinder
- 9 Schneckenwelle
- 10 Heizung

- 11 Düsenvorkammer
- 12 Erfassungsabschnitt
- 13 Rückflusssperre
- 14 Steuervorrichtung
- 15 Anfahrsassistent

- 16 Ein- und Ausgabemittel
- 17 Diagramm

Patentansprüche

1. Einstellverfahren zum teilautomatischen Herstellen einer prozessfähigen Grundeinstellung für eine Spritzgießmaschine (1) zur Verarbeitung von Formmassen aus Kunststoff, umfassend eine steuerungstechnisch unterstützte Ermittlung geeigneter Einstellparameter mittels einem in einer Steuervorrichtung (14) der Spritzgießmaschine (1) softwaretechnisch integrierten, interaktiven Anfahrasistenten (15), welcher Anfahrasistent (15) eine Bedienperson der Spritzgießmaschine (1) schrittweise zumindest durch Teilabschnitte des Einstellprozesses leitet, indem mittels eines Bedienerinterfaces der Steuervorrichtung (14) systemrelevante Anweisungen und Informationen zwischen dem Anfahrasistenten (15) und einer Bedienperson ausgetauscht werden, wobei der Einstellprozess zumindest folgende Phasen umfasst:

A1.) Eingabe von Basisinformationen über das verwendete Kunststoff-Material, das verwendete Form-Werkzeug (4), die verwendete Spritzgießmaschine (1) und/oder von sonstigen vorgegebenen oder gewünschten Maschinenkonfigurationen, Prozessbedingungen oder Prozessgrenzen durch eine Bedienperson;

A2.) Starten einer Versuchsphase (V) in welcher mehrere vollständig oder wenigstens teilweise durchgeführte Fertigungszyklen mit unterschiedlichen Prozessparametern ausgeführt werden und die dabei auftretenden Prozesskenngrößen automatisiert oder durch Interaktion mit einem Bediener ermittelt werden, indem eine Erfüllung bestimmter Prüfkriterien für die gefertigten Formteile von einer Bedienperson festgestellt und das jeweilige Ergebnis in den Anfahrasistenten (15) eingegeben wird, und wobei eine automatisierte Ermittlung eines Satzes geeigneter Einstellparameter und Prozessgrenzen anhand von

B1.) den durch eine Bedienperson eingegebenen Basisinformationen,

B2.) von im Anfahrasistenten (15) softwaretechnisch und/oder datenbanktechnisch abgebildeten Regeln und Erfahrungswerten zur Auswahl geeigneter Einstellparameter, sowie anhand von

B3.) den in der Versuchsphase (V) ermittelten Prozesskenngrößen und den festgestellten Überprüfungsergebnissen, vorgenommen wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

vor dem Starten der Versuchsphase (V)

C1.) jene Prozessbedingungen, welche wesentlichen Einfluss auf die Fließ-eigenschaften der Formmasse haben, insbesondere die Einspritzgeschwindigkeit und die Massetemperatur, vorläufig festgelegt werden,

C2.) eine Kenngröße für das jeweilige Fließverhalten, insbesondere eine Viskosität der verwendeten Formmasse unter diesen vorläufig festgelegten Prozessbedingungen vom Anfahrasistenten (15) zumindest näherungsweise ermittelt wird,

C3.) und diese Kenngröße für das Fließverhalten der Formmasse und gegebenenfalls weitere, ermittelte oder vorgegebene Prozesskenngrößen zum Festlegen eines probeweisen, vorläufigen Einstellwertes für den Sollwert und/oder den oberen Grenzwert des Einspritzdruckes für die nachfolgend zu startende Versuchsphase (V) verwendet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass für die Ermittlung der Kenngröße für das Fließverhalten der verwendeten Formmasse ein freier Ausspritzvorgang ohne angesetztem Form-Werkzeug (4) durchgeführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Ausspritzvorgang mit einer vorbestimmten Ausstoß- bzw. Fließgeschwindigkeit und/oder mit einem vorbestimmten Massedurchfluss durch eine den Übergang zum Form-Werkzeug (4) bildende Düse (7) einer Plastifiziereinheit (5) der Spritzgießmaschine (1) und bei einer vorbestimmten Temperatur der Formmasse und/oder der Plastifiziereinheit (5) erfolgt und der dabei an der Düse (7) auftretende Druck oder Druckabfall direkt oder indirekt ermittelt, insbesondere an der Hydraulik für eine Schneckenwelle (9) der Plastifiziereinheit (5) gemessen wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass aus der Ausstoß- bzw. Fließgeschwindigkeit, dem ermittelten Druckabfall und den jeweiligen Geometriedaten der Düse (7) die Viskosität oder eine dazu äquivalente Kenngröße für das Fließverhalten der plastifizierten Formmasse vom Anfahrasistenten (15) zumindest näherungsweise rechnerisch ermittelt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Druck in einer Düsenvorkammer (11) der Plastifiziereinheit (5) während des Ausstoßes von Formmasse mehrmals ermittelt bzw. gemessen wird und für die Ermittlung des Fließverhaltens,

insbesondere der Viskosität der Formmasse der Maximalwert aus mehreren Einzelmessungen oder mehreren Einzelberechnungen herangezogen wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass für die Ermittlung der Kenngröße für das Fließverhalten der verwendeten Formmasse eine der verwendeten Formmasse zugeordnete Tabelle mit Erfahrungswerten oder Vorgaben des Werkstoffherstellers oder eine Näherungsformel verwendet wird, aus welcher in Abhängigkeit zumindest von der Ausstoß- bzw. Fließgeschwindigkeit und der Temperatur der Formmasse wenigstens ein Näherungswert für die Kenngröße des Fließverhaltens der Formmasse ermittelt wird.

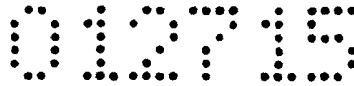
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kenngröße für das Fließverhalten der Formmasse und eine mittlere Wandstärke des zu produzierenden Formteils als Eingangsgrößen für eine Tabelle oder eine Näherungsformel zur Bestimmung eines anfänglichen Startwertes für den oberen Grenzwert des Einspritzdruckes herangezogen werden.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Versuchsphase (V) zumindest in folgende Phasen unterteilt ist:

D1.) zumindest näherungsweise Ermittlung des Volumens des Hohlraumes im Form-Werkzeug (4) durch einen druckgeregelten oder druckbegrenzten Einspritzvorgang von Formmasse und anschließende, vorläufige Festlegung des Umschaltpunktes auf eine Nachdruckphase für die Formmasse sowie Ermittlung des Dosiervolumens anhand der in das Form-Werkzeug (4) gespritzten Formmasse und anhand des von der Bedienperson festgestellten Füllgrades des Form-Werkzeuges (4);

D2.) ein- oder mehrmalige Durchführung von probeweisen Fertigungszyklen jeweils ohne Nachdruckphase, wobei nachfolgend in Abhängigkeit vom jeweils erzielten bzw. festgestellten Füllgrad des Form-Werkzeuges einer oder mehrere der Parameter umfassend Einspritzdruckbegrenzung, Einspritzgeschwindigkeit, Umschaltpunktbedingung auf Nachdruckphase, Temperatur der Formmasse und/oder des Form-Werkzeuges mit dem Ziel der Erhöhung des Füllgrades des Form-Werkzeuges (4) angepasst werden;

D3.) ein- oder mehrmalige Durchführung von probeweisen Fertigungszyklen jeweils unter Anwendung von Nachdruck, wobei nachfolgend in Abhängigkeit von der jeweils erzielten bzw. festgestellten Qualität, insbesondere der Oberflächengüte des produ-



zierten Formteiles, die Höhe des Nachdruckes mit dem Ziel der Verbesserung der Oberflächengüte angepasst wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Eingaben und Bedienhandlungen der Bedienperson, die verwendeten Parameter zur Durchführung der probeweisen Fertigungszyklen und die dabei ermittelten Prozessgrößen in einem Protokoll gespeichert werden.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Start des Einstellverfahrens eine Identität und/oder Berechtigung der Bedienperson erfasst wird und das Einstellverfahren nur bei entsprechend festgestellter Berechtigung ausführbar ist.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Eingabe der Informationen durch den Benutzer betreffend Kunststoff-Material, Form-Werkzeug (4) und/oder Spritzgießmaschine (1) das elektronische Erfassen oder Auslesen maschinenlesbarer Datenträger, insbesondere von Barcodes oder Transpondern, umfasst.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Einstellverfahren an zumindest einem Punkt durch ein Kommando des Bedieners abgebrochen und der Anfahrassistent (15) vorzeitig beendet werden kann.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Anfahrassistent (15) durch ein Kommando einer Bedienperson vorzeitig beendet werden kann, wobei vom Anfahrassistenten (15) jene Teilprozesse noch abgeschlossen oder ausgeführt werden, oder vom Anfahrassistenten (15) jene Zustände noch hergestellt werden, durch welche eine beschädigungsfreie Stillsetzung und eine problemlose Wiederinbetriebnahme der Spritzgießmaschine (1) sichergestellt wird.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl der in der Versuchsphase (V) durchgeführten Fertigungszyklen fortlaufend erfasst und beim Überschreiten einer vorgegebenen maximalen Anzahl von

Versuchsphasen (V) ohne Erreichung einer zufriedenstellenden Fertigungsqualität das Einstellverfahren automatisch abgebrochen und eine Fehlermeldung ausgegeben wird.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass beim Aufruf des Anfahrassistenten (15) die vorbestehend eingestellten Prozessparameter gespeichert und bei einem vorzeitigen Abbruch des Einstellverfahrens die gespeicherten Prozessparameter wiederhergestellt werden.

16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Anfahrassistent (15) bei der Ermittlung geeigneter Einstellparameter und Prozessgrenzen auf eine Materialdatenbank zugreift und in Abhängigkeit von einer durch die Bedienperson eingegebenen Materialbezeichnung oder Datensatzkennung eine oder mehrere der folgenden Größen ausliest und für das Einstellverfahren verwendet:

- die minimale und maximale Massetemperatur;
- die minimale und maximale Werkzeugtemperatur;
- die maximale Entformungstemperatur;
- die Temperaturleitfähigkeit des Materials.

KEBA AG

durch



Dr. Hannes Burger

012715

Fig.1

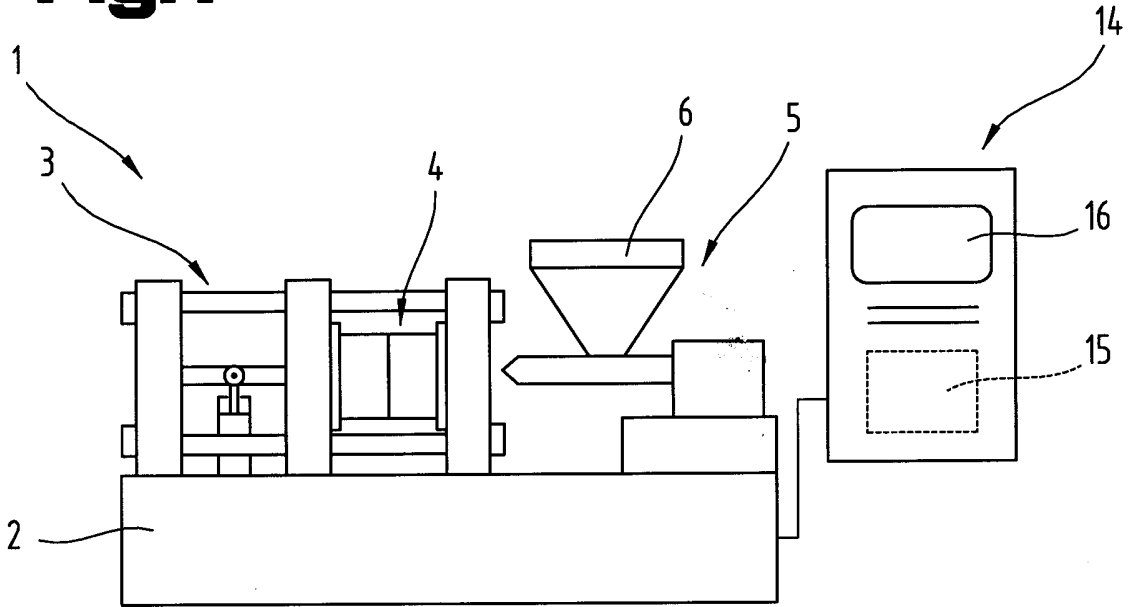
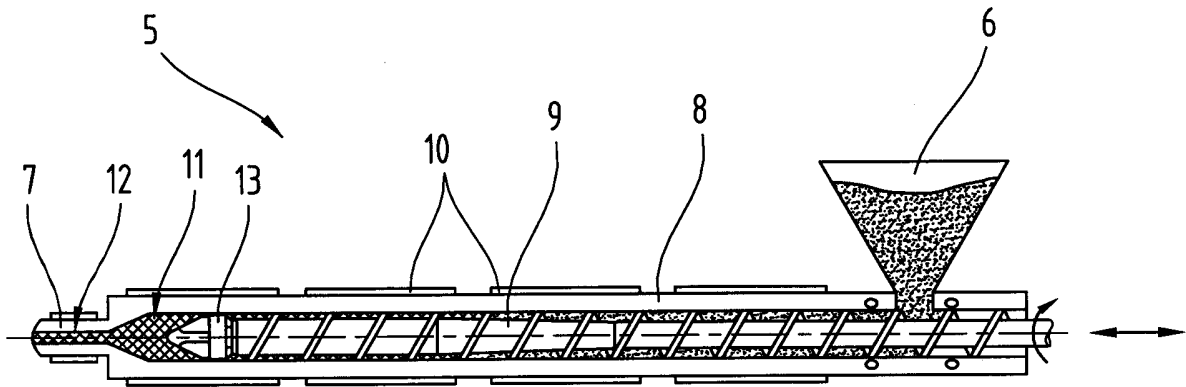


Fig.2



010715

Fig.3

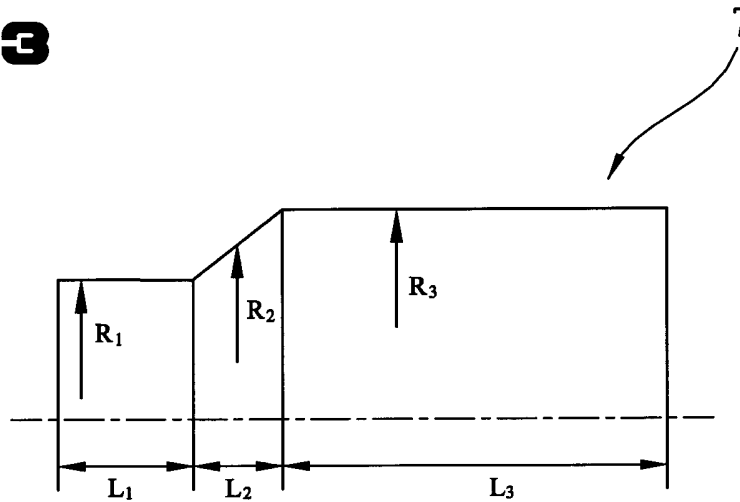
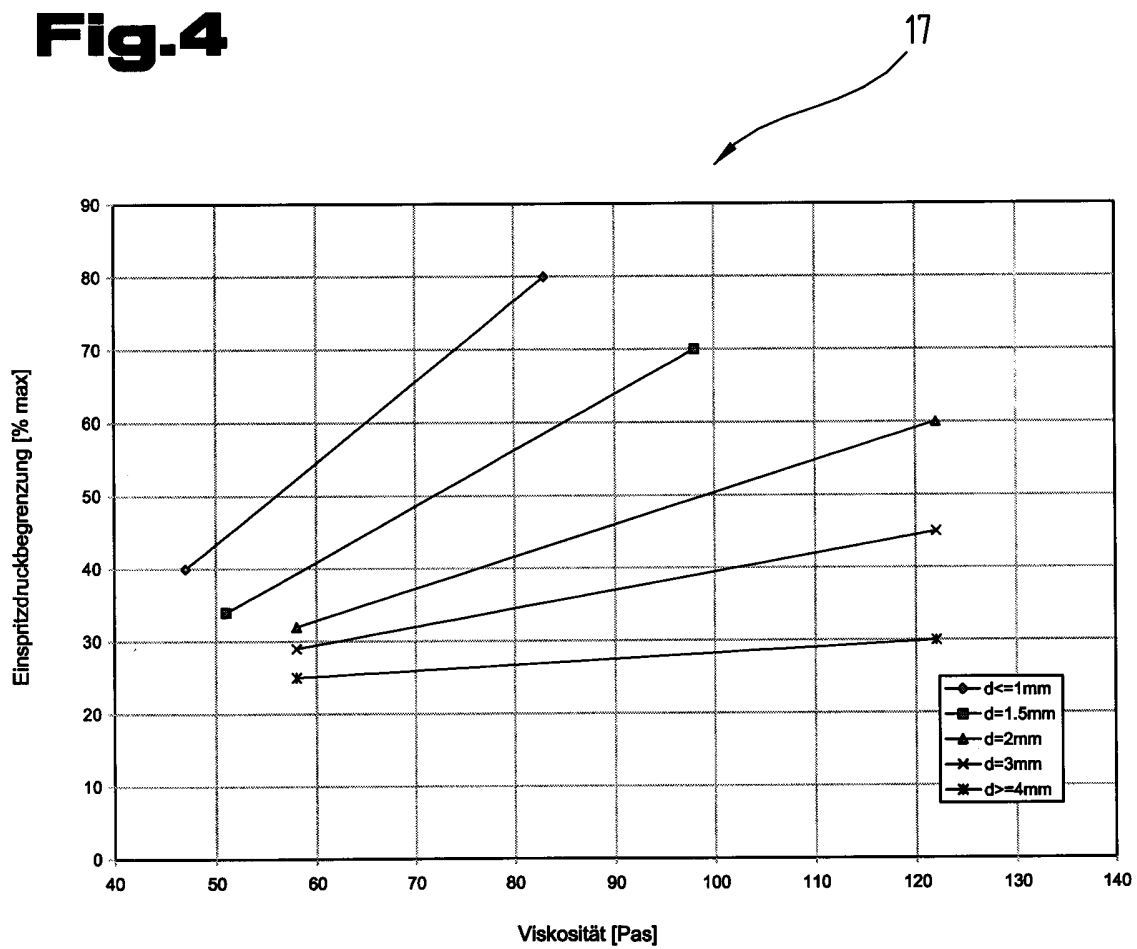
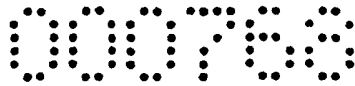


Fig.4





(Neue) Patentansprüche

1. Einstellverfahren zum teilautomatischen Herstellen einer prozessfähigen Grundeinstellung für eine Spritzgießmaschine (1) zur Verarbeitung von Formmassen aus Kunststoff, umfassend eine steuerungstechnisch unterstützte Ermittlung geeigneter Einstellparameter mittels einem in einer Steuervorrichtung (14) der Spritzgießmaschine (1) softwaretechnisch integrierten, interaktiven Anfahrassistenten (15), welcher Anfahrassistent (15) eine Bedienperson der Spritzgießmaschine (1) schrittweise zumindest durch Teilabschnitte des Einstellprozesses leitet, indem mittels eines Bedienerinterfaces der Steuervorrichtung (14) systemrelevante Anweisungen und Informationen zwischen dem Anfahrassistenten (15) und einer Bedienperson ausgetauscht werden, wobei der Einstellprozess zumindest folgende Phasen umfasst:

A1.) Eingabe von Basisinformationen über das verwendete Kunststoff-Material, das verwendete Form-Werkzeug (4), die verwendete Spritzgießmaschine (1) und/oder von sonstigen vorgegebenen oder gewünschten Maschinenkonfigurationen, Prozessbedingungen oder Prozessgrenzen durch eine Bedienperson;

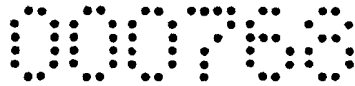
A2.) Starten einer Versuchsphase (V) in welcher mehrere vollständig oder wenigstens teilweise durchgeführte Fertigungszyklen mit unterschiedlichen Prozessparametern ausgeführt werden und die dabei auftretenden Prozesskenngößen automatisiert oder durch Interaktion mit einem Bediener ermittelt werden, indem eine Erfüllung bestimmter Prüfkriterien für die gefertigten Formteile von einer Bedienperson festgestellt und das jeweilige Ergebnis in den Anfahrassistenten (15) eingegeben wird, und wobei eine automatisierte Ermittlung eines Satzes geeigneter Einstellparameter und Prozessgrenzen anhand von

B1.) den durch eine Bedienperson eingegebenen Basisinformationen,

B2.) von im Anfahrassistenten (15) softwaretechnisch und/oder datenbanktechnisch abgebildeten Regeln und Erfahrungswerten zur Auswahl geeigneter Einstellparameter, sowie anhand von

B3.) den in der Versuchsphase (V) ermittelten Prozesskenngößen und den festgestellten Überprüfungsergebnissen, vorgenommen wird, dadurch gekennzeichnet, dass
vor dem Starten der Versuchsphase (V)

NAOHGEREICH



C1.) jene Prozessbedingungen, welche wesentlichen Einfluss auf die Fließeigenschaften der Formmasse haben, insbesondere die Einspritzgeschwindigkeit und die Massetemperatur, vorläufig festgelegt werden,

C2.) eine Kenngröße für das jeweilige Fließverhalten, insbesondere eine Viskosität der verwendeten Formmasse unter diesen vorläufig festgelegten Prozessbedingungen vom Anfahrasistenten (15) zumindest näherungsweise ermittelt wird, wobei für diese Ermittlung der Kenngröße für das Fließverhalten der verwendeten Formmasse ein freier Ausspritzvorgang ohne angesetztem Form-Werkzeug (4) nur durch die Düse ins Freie durchgeführt wird,

C3.) und diese Kenngröße für das Fließverhalten der Formmasse und gegebenenfalls weitere, ermittelte oder vorgegebene Prozesskenngrößen zum Festlegen eines probeweisen, vorläufigen Einstellwertes für den Sollwert und/oder den oberen Grenzwert des Einspritzdruckes für die nachfolgend zu startende Versuchsphase (V) verwendet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Ausspritzvorgang mit einer vorbestimmten Ausstoß- bzw. Fließgeschwindigkeit und/oder mit einem vorbestimmten Massedurchfluss durch eine den Übergang zum Form-Werkzeug (4) bildende Düse (7) einer Plastifiziereinheit (5) der Spritzgießmaschine (1) und bei einer vorbestimmten Temperatur der Formmasse und/oder der Plastifiziereinheit (5) erfolgt und der dabei an der Düse (7) auftretende Druck oder Druckabfall direkt oder indirekt ermittelt, insbesondere an der Hydraulik für eine Schneckenwelle (9) der Plastifiziereinheit (5) gemessen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass aus der Ausstoß- bzw. Fließgeschwindigkeit, dem ermittelten Druckabfall und den jeweiligen Geometriedaten der Düse (7) die Viskosität oder eine dazu äquivalente Kenngröße für das Fließverhalten der plastifizierten Formmasse vom Anfahrasistenten (15) zumindest näherungsweise rechnerisch ermittelt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Druck in einer Düsenvorkammer (11) der Plastifiziereinheit (5) während des Ausstoßes von Formmasse mehrmals ermittelt bzw. gemessen wird und für die Ermittlung des Fließverhaltens, insbesondere der Viskosität der Formmasse der Maximalwert aus mehreren Einzelmessungen oder mehreren Einzelberechnungen herangezogen wird.



5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass für die Ermittlung der Kenngröße für das Fließverhalten der verwendeten Formmasse eine der verwendeten Formmasse zugeordnete Tabelle mit Erfahrungswerten oder Vorgaben des Werkstoffherstellers oder eine Näherungsformel verwendet wird, aus welcher in Abhängigkeit zumindest von der Ausstoß- bzw. Fließgeschwindigkeit und der Temperatur der Formmasse wenigstens ein Näherungswert für die Kenngröße des Fließverhaltens der Formmasse ermittelt wird.

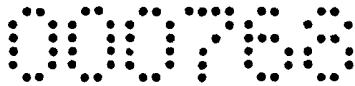
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kenngröße für das Fließverhalten der Formmasse und eine mittlere Wandstärke des zu produzierenden Formteils als Eingangsgrößen für eine Tabelle oder eine Näherungsformel zur Bestimmung eines anfänglichen Startwertes für den oberen Grenzwert des Einspritzdruckes herangezogen werden.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Versuchsphase (V) zumindest in folgende Phasen unterteilt ist:

D1.) zumindest näherungsweise Ermittlung des Volumens des Hohlraumes im Form-Werkzeug (4) durch einen druckgeregelten oder druckbegrenzten Einspritzvorgang von Formmasse und anschließende, vorläufige Festlegung des Umschaltpunktes auf eine Nachdruckphase für die Formmasse sowie Ermittlung des Dosiervolumens anhand der in das Form-Werkzeug (4) gespritzten Formmasse und anhand des von der Bedienperson festgestellten Füllgrades des Form-Werkzeuges (4);

D2.) ein- oder mehrmalige Durchführung von probeweisen Fertigungszyklen jeweils ohne Nachdruckphase, wobei nachfolgend in Abhängigkeit vom jeweils erzielten bzw. festgestellten Füllgrad des Form-Werkzeuges einer oder mehrere der Parameter umfassend Einspritzdruckbegrenzung, Einspritzgeschwindigkeit, Umschaltpunktbedingung auf Nachdruckphase, Temperatur der Formmasse und/oder des Form-Werkzeuges mit dem Ziel der Erhöhung des Füllgrades des Form-Werkzeuges (4) angepasst werden;

D3.) ein- oder mehrmalige Durchführung von probeweisen Fertigungszyklen jeweils unter Anwendung von Nachdruck, wobei nachfolgend in Abhängigkeit von der jeweils erzielten bzw. festgestellten Qualität, insbesondere der Oberflächengüte des produzierten Formteiles, die Höhe des Nachdruckes mit dem Ziel der Verbesserung der Oberflächengüte angepasst wird.



8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Eingaben und Bedienhandlungen der Bedienperson, die verwendeten Parameter zur Durchführung der probeweisen Fertigungszyklen und die dabei ermittelten Prozessgrößen in einem Protokoll gespeichert werden.

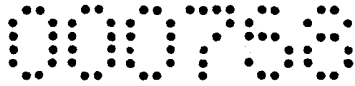
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Start des Einstellverfahrens eine Identität und/oder Berechtigung der Bedienperson erfasst wird und das Einstellverfahren nur bei entsprechend festgestellter Berechtigung ausführbar ist.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Eingabe der Informationen durch den Benutzer betreffend Kunststoff-Material, Form-Werkzeug (4) und/oder Spritzgießmaschine (1) das elektronische Erfassen oder Auslesen maschinenlesbarer Datenträger, insbesondere von Barcodes oder Transpondern, umfasst.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Einstellverfahren an zumindest einem Punkt durch ein Kommando des Bedieners abgebrochen und der Anfahrassistent (15) vorzeitig beendet werden kann.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Anfahrassistent (15) durch ein Kommando einer Bedienperson vorzeitig beendet werden kann, wobei vom Anfahrassistenten (15) jene Teilprozesse noch abgeschlossen oder ausgeführt werden, oder vom Anfahrassistenten (15) jene Zustände noch hergestellt werden, durch welche eine beschädigungsfreie Stillsetzung und eine problemlose Wiederinbetriebnahme der Spritzgießmaschine (1) sichergestellt wird.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl der in der Versuchsphase (V) durchgeführten Fertigungszyklen fortlaufend erfasst und beim Überschreiten einer vorgegebenen maximalen Anzahl von Versuchsphasen (V) ohne Erreichung einer zufriedenstellenden Fertigungsqualität das Einstellverfahren automatisch abgebrochen und eine Fehlermeldung ausgegeben wird.



14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass beim Aufruf des Anfahrassistenten (15) die vorbestehend eingestellten Prozessparameter gespeichert und bei einem vorzeitigen Abbruch des Einstellverfahrens die gespeicherten Prozessparameter wiederhergestellt werden.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Anfahrassistent (15) bei der Ermittlung geeigneter Einstellparameter und Prozessgrenzen auf eine Materialdatenbank zugreift und in Abhängigkeit von einer durch die Bedienperson eingegebenen Materialbezeichnung oder Datensatzkennung eine oder mehrere der folgenden Größen ausliest und für das Einstellverfahren verwendet:

- die minimale und maximale Massetemperatur;
- die minimale und maximale Werkzeugtemperatur;
- die maximale Entformungstemperatur;
- die Temperaturleitfähigkeit des Materials.

KEBA AG

durch

Anwälte Burger & Partner

Rechtsanwalt GmbH

NACHGEREICHT



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC ⁸ : B29C 45/76 (2006.01)		
Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß ECLA: B29C45/76; B29C45/76E		
Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation): B29C		
Konsultierte Online-Datenbank: EPODOC, TXTnn		
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 21. November 2008 eingereichten Ansprüchen 1-16 erstellt.		
Kategorie ⁷	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
Y	W. Windhager: "Per Mausclick zur richtigen Konfiguration" in Kunststoffe, Ausgabe 6 aus 2008 <i>ganzes Dokument</i>	1-18
	--	
Y	DE 19715630 A1 (INSTITUT FÜR KUNSTSTOFFVERARBEITUNG RWTH AACHEN) vom 22. Oktober 1998 (22.10.1998) <i>Spalte 3, Zeilen 32-41</i>	1-18
	--	
Y	DE 10215 946 A1 (KRAUSS-MAFFEI) vom 13. November 2003 (13.11.2003) <i>Abschnitt [0014]</i>	1-18

Datum der Beendigung der Recherche: 17. März 2010		<input type="checkbox"/> Fortsetzung siehe Folgeblatt Prüfer(in): Dr. SCHMELZER
⁷ Kategorien der angeführten Dokumente: X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung : der Anmeldegegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung : der Anmeldegegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist. A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert. P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde. E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein älteres Recht hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). & Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.		