(19) österreichisches patentamt

(10) **AT 516452 B1 2016-08-15**

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 639/2014
(22) Anmeldetag: 14.08.2014
(45) Veröffentlicht am: 15.08.2016

(51) Int. Cl.: ***B29C 45/78*** (2006.01)
B29C 47/92 (2006.01)
G01N 29/024 (2006.01)
G01N 29/07 (2006.01)
G01K 11/24 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
JP H08276490 A
DE 102013013902 A1
US 4740146 A
US 5951163 A

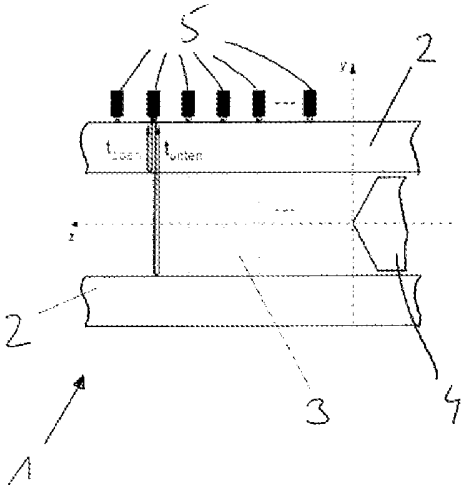
(73) Patentinhaber:
ENGEL AUSTRIA GMBH
4311 SCHWERTBERG (AT)

(72) Erfinder:
Praher Bernhard Dipl.Ing. Dr.
4020 Linz (AT)

(74) Vertreter:
Torggler Paul Mag. Dr., Hofinger Stephan Dipl.Ing. Dr., Gangl Markus Mag. Dr., Maschler Christoph MMag. Dr.
Innsbruck

(54) **Plastifiziereinheit für eine Spritzgießmaschine**

(57) Plastifiziereinheit (1) für eine Spritzgießmaschine, mit einer in einer Zylinderbohrung eines sich axial erstreckenden Plastifizierzylinders verschiebbar und drehbar angeordneten Plastifizierschnecke (4), wobei zwischen einer Einspritzdüse des Plastifizierzylinders und einer Schneckenspitze der Plastifizierschnecke (4) ein Schneckenvorraum (3) angeordnet ist, wobei eine Vielzahl von Ultraschallwandlern (5) an unterschiedlichen axialen Positionen einer Wandung (2) des Plastifizierzylinders angeordnet ist und eine Auswerteeinheit (8) vorgesehen ist, welche dazu ausgelegt ist, aus Signalen der Ultraschallwandler (5) ein axiales Temperaturprofil im Schneckenvorraum (3) zu erstellen.



AT 516452 B1 2016-08-15

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Plastifiziereinheit für eine Spritzgießmaschine mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1 und ein Verfahren mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 7.

[0002] Aus der AT 512 647 B1 der Anmelderin ist ein Verfahren zur Ermittlung eines radialen Temperaturprofils in einem Plastifizierzylinder einer gattungsgemäßen Plastifiziereinheit bekannt. Das Verfahren verwendet das Prinzip der Laufzeitmessung von Ultraschallsignalen.

[0003] Weiters bekannt sind:

- Die Verwendung von Kontaktthermometern, die wandschlüssig mit einer Wand des Plastifizierzylinders eingesetzt werden. Für die Montage der Kontaktthermometer sind Sensorbohrungen an der Wandung des Plastifizierzylinder nötig. Durch die hohen Drücke entstehen für die Temperatursensoren hohe mechanische Beanspruchungen. Dementsprechend sind derartige Sensoren sehr stabil auszulegen. Diese robuste Ummantelung führt zu sehr langen Ansprechzeiten, was wiederum eine dynamische Regelung beim Aufdosieren erschwert bzw. unmöglich macht. Ein weiterer Nachteil der wandschlüssigen Kontaktthermometer ist die Tatsache, dass nur die Temperatur am Rand der Kunststoffschmelze gemessen werden kann.
- Die Verwendung von Infrarotthermometern, die wandschlüssig in einer Wandung des Plastifizierzylinders eingesetzt werden. Für die Montage der Kontaktthermometer sind Sensorbohrungen am Plastifizierzylinder nötig. Die Ansprechzeiten sind deutlich besser als bei Kontaktthermometern, jedoch wird auch hier nur die Schmelzetemperatur am Rand (je nach Kunststofftyp und Eindringtiefe der Infrarotstrahlung typischerweise 1-8 mm) gemessen. Des Weiteren kann es zu Fehlern durch Streuung und Reflexion der Infrarotstrahlung kommen. Der Emissionskoeffizient der Kunststoffschmelze muss in einer Kalibrationsmessung ermittelt werden.
- Laser-induzierte Fluoreszenz. Für die Montage der optischen Zugänge sind Sensorbohrungen am Plastifizierzylinder nötig. Über einen Laserstrahl werden dem Kunststoff beigefügte Fluoreszenzfarbstoffe angeregt. Die resultierende Fluoreszenz wird über eine konfokale Anordnung über einen Lichtleiter in ein Spektrometer geleitet. Die Auswertung der (temperaturabhängigen) Fluoreszenzspektren erlaubt eine Rückrechnung auf die Temperatur im Fokusbereich des Laserstrahls. Mittels der laser-induzierten Fluoreszenz kann (falls die Kunststoffschmelze für die Laserstrahlung und die Fluoreszenzstrahlung transparent ist) eine Mittelung der radialen Temperaturmessung durchgeführt werden, indem die Fokusposition des Lasers in der Kunststoffschmelze variiert wird. Die gesamte Instrumentierung (Laser, Spektrometer, optische Zugänge) ist sehr aufwändig und der dauerhafte Einsatz in industrieller Umgebung als kritisch einzustufen.

[0004] Beim Plastifizieren kann es zu die Qualität der plastifizierten Schmelze ungünstig beeinflussenden Temperaturschwankungen im Plastifizierzylinder kommen.

[0005] Aufgabe der Erfindung ist die Bereitstellung einer Plastifiziereinheit einer Spritzgießmaschine, bei welcher die Qualität der plastifizierten Schmelze beeinflussende Temperaturschwankungen erkannt werden können, sowie die Bereitstellung eines entsprechenden Verfahrens.

[0006] Diese Aufgabe wird durch eine Plastifiziereinheit mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 7 gelöst.

[0007] Vorteilhafte Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

[0008] Die unerwünschten Schwankungen der Produktqualität spritzgegossener Kunststoffteile sind vor allem auf ungünstige axiale Temperaturprofile (Temperaturgradienten) der plastifizierten Schmelze zurück zu führen, da diese in der Regel weit höher sind als die radialen Temperaturprofile. Die axialen Temperaturprofile entstehen durch die Verkürzung der effektiven Schne-

ckenlänge beim Aufdosieren der Kunststoffschmelze in den Schneckenvorraum. Zur Ermöglichung einer aktiven Steuerung oder Regelung der Schmelzetemperatur beim Aufdosieren (z. B. mittels Staudruck und/oder Drehzahl der Schnecke) ist die Messung der axialen Schmelzetemperatur nötig. Die Erfindung ermöglicht diese auf einfache Weise.

[0009] Vorteile der Erfindung:

- Es sind keine Bohrungen durch die Wandung des Plastifizierzylinders für die Ultraschallwandler nötig.
- Die Temperatur der Kunststoffschmelze wird über die gesamten Durchmesser der Zylinderbohrung gemittelt (nicht nur am Rand).
- Die Erfindung ermöglicht sehr schnelle Ansprechzeiten.
- Es ist an sich keine Kalibration nötig: Die Messung der Schallgeschwindigkeit an verschiedenen Positionen reicht aus um axiale Temperaturdifferenzen zu detektieren. Dies ist auf den annähernd konstanten Druck im Schneckenvorraum beim Aufdosieren zurück zu führen.

[0010] Die Erfindung wird für verschiedene Ausführungsbeispiele anhand der Figuren 1 bis 3 im Detail diskutiert.

[0011] Ausschnittsweise gezeigt ist eine Plastifiziereinheit 1 für eine Spritzgießmaschine in Form einer in einer Zylinderbohrung eines Plastifizierzylinders (mit Wandung 2) verschiebbar angeordneten, drehbaren Plastifizierschnecke 4. Durch das Aufdosieren von plastifiziertem Kunststoff im Bereich zwischen Einspritzdüse (nicht dargestellt) und der Spitze der Plastifizierschnecke 4 (Schneckenvorraum 3) wird die Plastifizierschnecke 4 von der Einspritzdüse weg bewegt. Dabei bildet sich im Schneckenvorraum 3 ein sogenannter Massepolster.

[0012] Wird ein Ultraschallpuls durch eine Kunststoffschmelze entlang eines Schalllaufweges S (zwischen einem Ultraschallsender und Ultraschallempfänger) gesendet, ergibt sich die Laufzeit $t_{Laufzeit}$ des Pulses durch die Schmelze aus der Formel

$$t_{Laufzeit} = \int_S \frac{ds}{c_{L,s}(p,T)}.$$

wobei $c_{L,S}(p,T)$ die vom Druck p und der Temperatur T abhängige longitudinale Schallgeschwindigkeit an einer Position s entlang des Schalllaufweges S bezeichnet.

[0013] Ist die longitudinale Schallgeschwindigkeit c_L als Funktion des Druckes p und der Temperatur T bekannt (durch Kalibrationsmessungen oder bevorzugt durch Nachsehen in dem Fachmann bekannten Tabellen, welche für verschiedene Kunststoffe die Laufzeit von Schall angeben - dies ist möglich, weil im Schneckenvorraum beim Dosieren zumindest annähernd ein konstanter Druck herrscht) kann aus der Laufzeitmessung auf die mittlere Temperatur entlang des Schalllaufweges S geschlossen werden.

[0014] Zur Messung der axialen Temperaturverteilung im Schneckenvorraum 3 werden Ultraschall-Laufzeitmessungen an mehreren axialen Positionen durchgeführt. Die Messungen können mittels sogenannter Reflexions- oder Transmissionsmessungen durchgeführt werden.

[0015] Die Reflexionsmessung ist in Figur 1 dargestellt. Es erfolgt eine axiale Messung der Schmelzetemperatur im Schneckenvorraum 3.

[0016] Ein Ultraschallwandlerarray mit mehreren Ultraschallwandlern 5 wird entlang des Schneckenvorraums 3 an der Wandung 2 des Plastifizierzylinders angebracht. Alternativ kann auch mit einem Ultraschallwandler 5 abwechselnd an unterschiedlichen axialen Positionen über mehrere Spritzgießzyklen gemessen werden.

[0017] Ein in den Plastifizierzylinder gesendeter Ultraschallpuls, wird an der Oberkante der Zylinderbohrung reflektiert. Ein Teil der Schallenergie läuft weiter durch die plastifizierte Kunststoffschmelze, wird an der Unterkante der Zylinderbohrung reflektiert und läuft zurück zum

Ultraschallwandler. Aus der Differenz der Laufzeiten der Reflexionen an der Ober- bzw. Unterkante t_{oben} bzw. t_{unten}) der Zylinderbohrung und dem bekannten Durchmesser der Zylinderbohrung $d_{zylinder}$ kann auf die Schallgeschwindigkeit (bei dem Staudruck p_{stau} während des Aufdosierens) und somit auf die mittlere Schmelzetemperatur T_m entlang des Schalllaufweges geschlossen werden:

$$c_L(p = p_{stau}, T_m) = \frac{2d_{zylinder}}{t_{oben} - t_{unten}}.$$

[0018] Durch die Messung an verschiedenen axialen Positionen ergibt sich ein axiales Temperaturprofil im Schneckenvorraum 3. Die Berechnung erfolgt in einer in Figur 3 dargestellten Auswerteeinheit 8.

[0019] Bei der Transmissionsmessung, dargestellt in Figur 2, werden zwei gegenüber liegende Ultraschallwandlerarrays 6, 7 mit Ultraschallwandlern 5 an unterschiedlichen axialen Positionen entlang des Schneckenvorraums 3 an der Wandung 2 des Plastifizierzylinders angebracht, wobei das eine Ultraschallwandlerarray als Senderarray 6 und das gegenüber liegende Ultraschallwandlerarray als Empfängerarray 7 verwendet wird. Alternativ kann auch mit zwei Ultraschallwandlern 5 (Sender und Empfänger) abwechselnd an verschiedenen axialen Positionen über mehrere Spritzgießzyklen gemessen werden.

[0020] Ein von einem Ultraschallwandler 5 des Senderarrays 6 in den Plastifizierzylinder gesendeter Ultraschallpuls läuft durch die erste Hälfte der Wandung 2 des Plastifizierzylinders, weiter durch die Kunststoffschmelze und danach durch die zweite Hälfte der Wandung 2 des Plastifizierzylinders zum gegenüber liegenden Ultraschallwandler 5 des Empfängerarrays 7. Von der so gemessenen gesamten Laufzeit t_{gesamt} des Ultraschallpulses müssen noch die Laufzeiten t_s, t_e durch die Wandung 2 des Plastifizierzylinders abgezogen werden. Diese können durch Reflexionsmessungen mittels der Ultraschallwandler 5 im Sende- bzw. Empfängerarray 6, 7 ermittelt werden. Die Schallgeschwindigkeit c_L ergibt sich aus

$$c_L(p = p_{stau}, T_m) = \frac{d_{zylinder}}{t_{gesamt} - \frac{t_s}{2} - \frac{t_e}{2}}$$

[0021] Durch die Messung an verschiedenen axialen Positionen ergibt sich ein axiales Temperaturprofil im Schneckenvorraum 3. Die Berechnung erfolgt in einer in Figur 3 dargestellten Auswerteeinheit 8.

[0022] Die Messung von t_e ist relativ aufwendig. Unter der Annahme, dass in der Wandung 2 ein nahezu rotationssymmetrisches Temperaturprofil vorherrscht, ist t_e ungefähr gleich t_s. Damit kann auf die Messung von t_e verzichtet werden.

[0023] Die Erfindung kann dahingehend verwendet werden um beim Aufdosieren eine für den Spritzgießprozess vorteilhafte Temperaturverteilung zu erzeugen.

[0024] In Figur 3 ist eine Anordnung zur Steuerung bzw. Regelung der Schmelzetemperatur im Schneckenvorraum 3 beim Aufdosieren (beispielhaft für Reflexionsmessungen, auch Transmissionsmessungen könnten verwendet werden) dargestellt.

[0025] Beim Aufdosieren erfolgt der Start der Messung. Sobald sich die Plastifizierschnecke 4 zurückzieht und der Schalllaufweg an einer Position somit frei ist, kann an der jeweiligen Position eine Schallgeschwindigkeitsmessung erfolgen. Vorteilhaft an der Anordnung ist die Tatsache, dass der Druck (Staudruck) im Schneckenvorraum 3 bekannt und annähernd konstant ist und es nicht nötig ist die druck- und temperaturabhängige Schmelzetemperatur aus den gemessenen Schallgeschwindigkeiten direkt zu berechnen.

[0026] Alleine die Änderung der Schallgeschwindigkeit an verschiedenen axialen Positionen reicht aus um axiale Temperaturdifferenzen (axialer Temperaturgradient) zu ermitteln. Die Umrechnung der Ultraschall-Laufzeiten in Schallgeschwindigkeiten bzw. Temperaturen erfolgt

in einer Auswerteeinheit 8. Die errechneten Schallgeschwindigkeiten bzw. Temperaturwerte werden von einer Steuer- oder Regeleinheit 9 dazu benutzt um Maschinenparameter (z.B. Staudruck, bevorzugt die Schneckendrehzahl) über einen die Plastifizierschnecke antreibenden Motor M so zu beeinflussen, dass ein Temperaturabfall im Schneckenvorraum 3 aufgrund einer verkürzten Schneckenlänge der Plastifizierschnecke 4 kompensiert werden kann.

[0027] Diese Beeinflussung erfolgt bevorzugt von Zyklus zu Zyklus, also nicht zwingend während eines Zyklus der Plastifiziereinheit 1 bzw. der Spritzgießmaschine, von welcher die Plastifiziereinheit 1 ein Teil ist.

[0028] Die Auswerteeinheit 8 und die Steuer- oder Regeleinheit 9 können physisch in einem Bauteil gemeinsam ausgebildet sein.

[0029] In allen Ausführungsbeispielen liegen die Ultraschallwandler 5 an der Wandung 2 des Plastifzierzylinders an, befinden sich also nicht in Bohrungen in der Wandung 2, welche die Wandung 2 durchbrechen. Es wäre denkbar, die Ultraschallwandler 5 in Sackbohrungen versenkt in der Wandung 2 anzuordnen, z. B. bei Platzproblemen mit auf dem Plastifizierzylinder montierten Heizbändern.

[0030] Vorteilhafterweise werden die Ultraschallwandler 5 an die Wandung 2 des Plastifizierzylinders angepresst, zum Beispiel über magnetische Haltemittel. Das Anbringen eines Ultraschallgels zwischen den Ultraschallwandlern 5 und der Wandung 2 ist ratsam. Reicht die passive Kühlung der Ultraschallwandler 5 durch die Umgebungsluft nicht aus, kann auch eine aktive Kühlung vorgesehen werden.

Patentansprüche

1. Plastifiziereinheit (1) für eine Spritzgießmaschine, mit einer in einer Zylinderbohrung eines sich axial erstreckenden Plastifizierzylinders verschiebbar und drehbar angeordneten Plastifizierschnecke (4), wobei zwischen einer Einspritzdüse des Plastifizierzylinders und einer Schneckenspitze der Plastifizierschnecke (4) ein Schneckenvorraum (3) angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Vielzahl von Ultraschallwandlern (5) an unterschiedlichen axialen Positionen einer Wandung (2) des Plastifizierzylinders angeordnet ist und eine Auswerteeinheit (8) vorgesehen ist, welche dazu ausgelegt ist, aus Signalen der Ultraschallwandler (5) ein axiales Temperaturprofil im Schneckenvorraum (3) zu erstellen.
2. Plastifiziereinheit nach Anspruch 1, wobei ein einziges Ultraschallwandlerarray mit entlang des Schneckenvorraums (3) angeordneten Ultraschallwandlern (5) an einer Seite der Wandung (2) vorgesehen ist, wobei das Ultraschallwandlerarray als Sende- und Empfängerarray ausgebildet ist.
3. Plastifiziereinheit nach Anspruch 1, wobei zwei einander gegenüber liegende Ultraschallwandlerarrays mit entlang des Schneckenvorraums (3) angeordneten Ultraschallwandlern (5) an der Wandung 2 des Plastifizierzylinders angebracht sind, wobei ein Ultraschallwandlerarray als Senderarray (6) und das gegenüber liegende Ultraschallwandlerarray als Empfängerarray (7) ausgebildet ist.
4. Plastifiziereinheit nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Ultraschallwandler (5) - vorzugsweise durch magnetische Haltemittel - an die Wandung (2) des Plastifizierzylinders angepresst sind.
5. Plastifiziereinheit nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei zwischen den Ultraschallwandlern (5) und der Wandung (2) ein Ultraschallgel angeordnet ist.
6. Plastifiziereinheit nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei eine Steuer- oder Regeleinheit (9) vorgesehen ist, welcher mit der Auswerteeinheit (8) in Verbindung steht und die dazu ausgebildet ist, Maschinenparameter der Plastifizierschnecke - vorzugsweise die Schneckendrehzahl - über einen die Plastifizierschnecke antreibenden Motor (M) so zu beeinflussen, dass ein Temperaturabfall im Schneckenvorraum (3) aufgrund einer verkürzten Schneckenlänge der Plastifizierschnecke (4) kompensierbar ist.
7. Verfahren zum Erstellen eines Temperaturprofils im Schneckenvorraum (3) einer Plastifiziereinheit (1) einer Spritzgießmaschine unter Verwendung wenigstens eines Ultraschallwandlers (5), wobei die Plastifiziereinheit (1) einen Plastifizierzylinder mit einer Wandung (2) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass aus an unterschiedlichen axialen Positionen der Wandung (2) des Plastifizierzylinders mittels des wenigstens einen Ultraschallwandlers (5) gewonnenen Signalen ein axiales Temperaturprofil erstellt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Signale an den unterschiedlichen axialen Positionen durch Umpositionieren des wenigstens einen Ultraschallwandlers (5) gewonnen werden.
9. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Signale an den unterschiedlichen axialen Positionen durch eine Vielzahl von Ultraschallwandlern (5) gewonnen werden.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

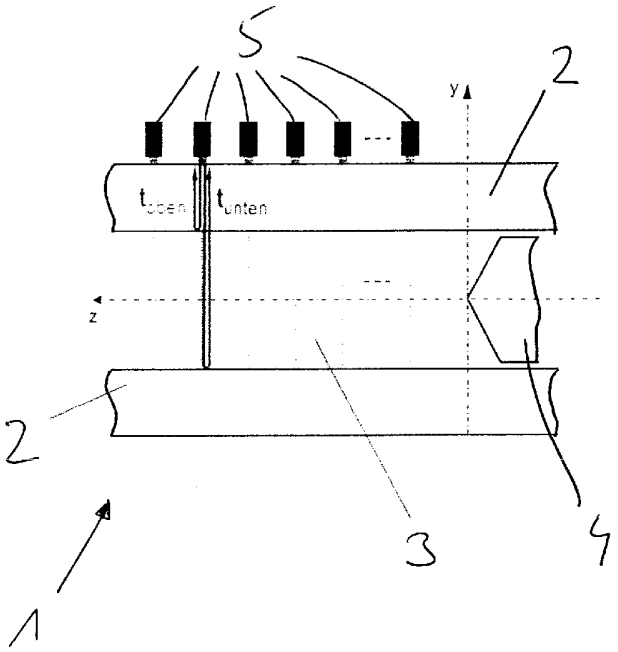


Fig. 2

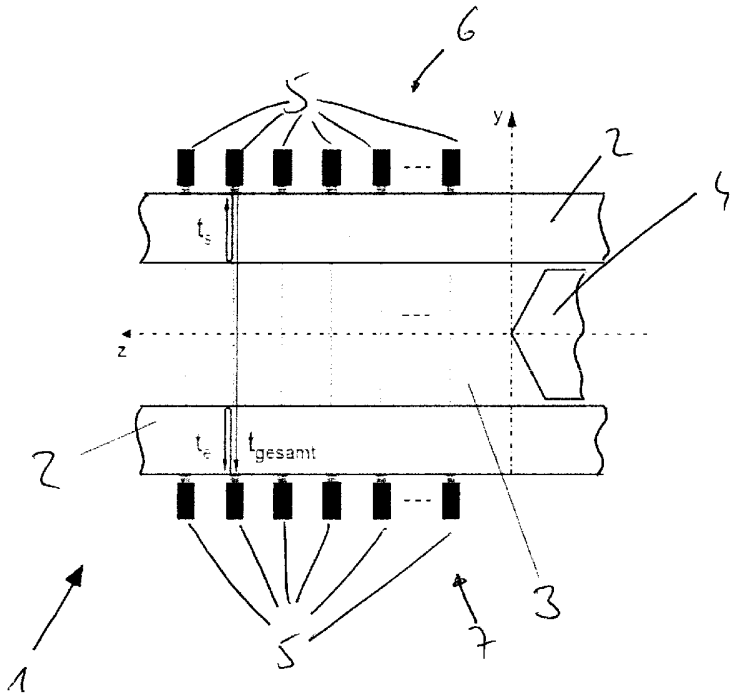


Fig. 3

