

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50843/2022
(22) Anmeldetag: 07.11.2022
(43) Veröffentlicht am: 15.05.2024

(51) Int. Cl.: **C08J 11/04** (2006.01)
C08J 11/24 (2006.01)
C08J 11/26 (2006.01)
B29B 17/00 (2006.01)
B29C 45/00 (2006.01)
B29K 67/00 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 69714070 T2
DE 102006023354 A1
WO 2004106025 A1

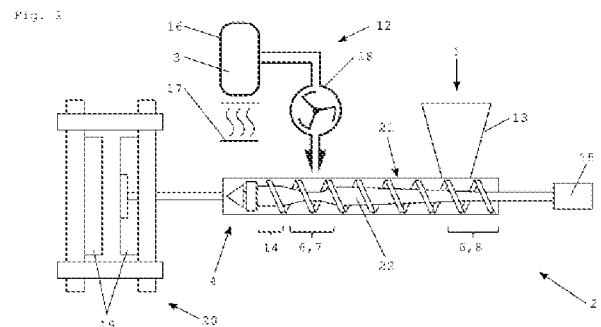
(71) Patentanmelder:
ENGEL AUSTRIA GmbH
4311 Schwertberg (AT)

(72) Erfinder:
Klammer Günther Dipl.-Ing.
3361 Aschbach Markt (AT)
Köpplmayr Thomas Dipl.-Ing. Dr.
4614 Marchtrenk (AT)

(74) Vertreter:
Torggler & Hofmann Patentanwälte GmbH & Co
KG
6020 Innsbruck (AT)

(54) **Formgebungsverfahren zum Herstellen eines Formteils**

(57) Formgebungsverfahren zum Herstellen eines Formteils aus einem Polymer-Ausgangsmaterial (1) in einer Formgebungsmaschine (2), insbesondere einer Spritzgießmaschine, wobei das Polymer-Ausgangsmaterial (1) plastifiziert und/oder aufgeschmolzen wird und dem Polymer-Ausgangsmaterial (1) zumindest ein Monomer (2) im gasförmigen Aggregatzustand zugeführt wird.



Zusammenfassung

Formgebungsverfahren zum Herstellen eines Formteils aus einem Polymer-Ausgangsmaterial (1) in einer Formgebungsmaschine (2), insbesondere einer Spritzgießmaschine, wobei das Polymer-Ausgangsmaterial (1) plastifiziert und/oder aufgeschmolzen wird und dem Polymer-Ausgangsmaterial (1) zumindest ein Monomer (2) im gasförmigen Aggregatzustand zugeführt wird.

(Fig. 1)

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Formgebungsverfahren gemäß den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1, eine Formgebungsmaschine gemäß den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 15 sowie einem Formteil gemäß den Merkmalen des Oberbegriffs Anspruchs 16.

Der Stand der Technik beim Recycling von Kunststoffabfällen umfasst viele verschiedene Technologien. Besonders bei vielfach eingesetzten Kunststoffen wie Polyethylenterephthalat (PET) wird die Wiederverwertung aus ökologischen sowie ökonomischen Gründen immer wichtiger. Sogenanntes Post-Consumer PET oder allgemein Post-Consumer-Waste (z.B. gebrauchte Getränkeflaschen) wird dabei gesammelt, gereinigt und zu kleinen Stücken, meist Regranulat oder Flakes, verarbeitet. Diese können dann zusammen mit neuen PET-Material gemischt werden, um Produkte aus teilweise recyceltem PET (rPET) herzustellen.

PET entsteht ursprünglich durch die Polykondensation aus Monoethylenglykol (MEG) und Terephthalsäure (TPA) oder durch Umesterung aus Dimethylterephthalat. Das heißt MEG und TPA sind zum Aufbau von PET geeignete Monomere und damit Grundbestandteile von PET. Diese beiden Monomere reagieren in einer Gleichgewichtsreaktion miteinander zum PET, wobei die Prozessführung dieser Gleichgewichtsreaktion durch die Zugabe oder Wegnahme von Produkten, Edukten und/oder Zwischenprodukten sowie durch Prozessparameter wie Temperatur oder Druck beeinflusst werden kann.

Gebrauchte Kunststoffartikel wie beispielsweise PET-Flaschen können wiederaufbereitet werden, indem diese Produkte gewaschen und zerkleinert werden. Die daraus entstehenden Regranulate oder Flakes können dann in sogenannte Solid-State- oder Liquid-State-Reaktoren unter Ausschluss von Sauerstoff und Wasser, beispielsweise im Vakuum, auf $< 230\text{ }^{\circ}\text{C}$ (solid state) oder

> 270 °C (liquid state) erwärmt werden. Abgebaute und gekürzte Molekülketten des Polymerwerkstoffs, die durch Alterungsprozesse während des Gebrauchs entstehen können, werden wieder miteinander verbunden und somit verlängert. Folglich steigt mit der zunehmenden Vernetzung der Molekülketten auch die Viskosität des Polymerwerkstoffs.

Im Gegensatz zu Anwendungen, bei denen eine erhöhte Viskosität wünschenswert ist, können Polymere wieder aufgespalten und/oder deren Viskosität reduziert werden. Ein Verfahren hierzu ist die bekannte Glykolyse von PET (Lechleitner, A., Schwabl, D., Schubert, T. et al. Chemisches Recycling von gemischten Kunststoffabfällen als ergänzender Recyclingpfad zur Erhöhung der Recyclingquote. *Österr Wasser- und Abfallw* **72**, 47–60 (2020). <https://doi.org/10.1007/s00506-019-00628-w>). Hier wird bei Temperaturen von 180 °C bis 240 °C und durch die Zugabe eines Glykols das PET-Material aufgespalten. Dabei diffundiert das Glykol in die Struktur des Polymers, welche anschließend aufquillt und das Glykol mit der Esterbindung reagiert. Dieser Mechanismus wird durch eine große, spezifische Oberfläche, etwa bei stark zerkleinertem Einsatzmaterial wie Regranulat oder Flakes, begünstigt.

In Formgebungsverfahren zum Herstellen von dünnwandigen Formteilen aus rPET kann eine gezielte Viskositätsreduktion sehr wichtig sein. Eine höhere Viskosität führt zur Notwendigkeit höherer Spritzdrücke, die wiederum maschinenbaulich nur schwer umzusetzen sind, zu hohen Temperaturentwicklungen und folglich zu Materialschädigungen. Daher ist es von Vorteil, die Viskosität von Flaschenabfällen aus rPET mit einer typischen, intrinsischen Viskosität (IV-Wert) von 0,7 dl/g bis 0,8 dl/g zu senken, um dünnwandige Spritzprodukte mit Wandstärken < 1,5 mm herstellen zu können.

Bei der Produktion von transparenten und dünnwandigen Teilen wie PET-Flaschen, muss das Material nach dem Einspritzen schnell genug abgekühlt werden, wodurch kristalline Zonen weitgehend vermieden werden und das Material im amorphen Zustand verbleibt. Durch diese schnelle Abkühlung in Verbindung mit dünnen Wandstärken friert das Material schnell ein und eine vollständige Füllung der Formgebungswerkzeuge ist nur bei entsprechend geringer Viskosität möglich.

PET wird außerdem bei Temperaturen $> 300\text{ }^{\circ}\text{C}$ für ausreichende Zeit unkontrolliert abgebaut. Dieser Abbau wird noch verstärkt bei Vorhandensein von Wasser und/oder Sauerstoff. Dies führt zu einem steigenden Gehalt an Acetaldehyd als Spaltprodukt und damit zu schlechteren mechanischen Eigenschaften und/oder zu einer unerwünschten Gelbfärbung.

Es ist somit vorteilhaft, den IV-Wert des Polymer-Materials auf $0,5\text{ dl/g}$ bis $0,6\text{ dl/g}$ zu senken, um den Spritzdruck < 2400 sowie die Temperatur $< 300\text{ }^{\circ}\text{C}$ zu halten und vollständig ausgespritzte Qualitätsprodukte zu erzeugen.

Um eine Viskositätsreduktion zu bewerkstelligen, wird beispielsweise ein Monomer wie MEG einem rPET-Ausgangsmaterial in einem drucklosen Bereich, vorzugsweise im Massetrichter durch Vormischung oder im Anschluss zu einer Entgasungszone im Extruder, beigemischt. Es wurde bereits nachgewiesen, dass die Zugabe von 2 Gew.-% bis 3 Gew.-% Glykol zu einer signifikanten Reduktion der Viskosität führt. Wenn MEG im fließfähigen Zustand ($> 270\text{ }^{\circ}\text{C}$) statt durch eine Vormischung zu einer rPET-Schmelze hinzugegeben wird, kann es bei abgestimmten Konzentrationsverhältnissen zu einer besseren Viskositätsreduktion nach der Art einer Glykolyse von PET kommen. Hierzu wurde kürzlich ein Artikel in der Zeitschrift Kunststoffe veröffentlicht (Keilbach, F.-X., Prizinitzki D. Mit

Glykol wird der Extruder zum Turbo. *Kunststoffe*, Carl Hanser Verlag München, 1 (2022).

<https://www.kunststoffe.de/a/fachartikel/mit-glykol-wird-der-extruder-zum-turbo-358226>).

Jedoch zeigt sich bei Glykol-Mengen > 5%, dass es zu einer Dampfentwicklung und folglich zur Gefahr einer Entflammung (Flammpunkt 111 °C, Zündtemperatur 410 °C) kommen kann. Der Siedepunkt von Ethylenglykol liegt bei 197 °C, die Verarbeitungstemperatur von PET üblicherweise im Bereich 270 °C bis 290 °C.

Neben dem Gefahrenpotential ergibt sich ein weiterer Nachteil durch die unzureichende Homogenisierung, das heißt die gleichmäßige Einmischung und Verteilung, des Monomers in dem Polymer-Ausgangsmaterial. Die Verteilung des Monomers muss verbessert werden, um eine gleichmäßiger wirkende und besser kontrollierte Viskositätsreduktion im Material zu erreichen.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren bereitzustellen, das den oben genannten Stand der Technik in Bezug auf dessen Nachteile verbessert. Es soll somit ein Verfahren bereitgestellt werden, das eine bessere Verteilung der gewünschten Viskositätsreduktion eines Polymer-Ausgangsmaterials bewirkt.

Hinsichtlich der vorliegenden Erfindung wird dies durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst, nämlich durch Bereitstellung eines Formgebungsverfahrens zum Herstellen eines Formteils aus einem Polymer-Ausgangsmaterial in einer Formgebungsmaschine, insbesondere einer Spritzgießmaschine, wobei das Polymer-Ausgangsmaterial plastifiziert und/oder aufgeschmolzen wird und dem Polymer-Ausgangsmaterial zumindest ein Monomer im gasförmigen Aggregatzustand zugeführt wird.

Ein Grundaspekt der Erfindung besteht darin, dass zumindest ein Monomer, welches zum Aufbau eines Polymer-Ausgangsmaterials geeignet ist und/oder ein Grundbestandteil eines Polymer-Ausgangsmaterials ist, im gasförmigen Aggregatzustand dem Polymer-Ausgangsmaterial zugeführt wird.

Durch das gasförmige Zuführen des Monomers kommt es zu einer besseren und gleichmäßigeren Verteilung und Einmischung des Monomers innerhalb des Polymer-Ausgangsmaterials. Dadurch kommt es in weitere Folge zu einer homogenen Viskositätsreduktion innerhalb des Polymer-Ausgangsmaterials sowie damit einhergehend zu einer Qualitätssteigerung des Polymer-Ausgangsmaterials und eines damit hergestellten Formteils.

Auf diese Weise können beispielsweise dünnwandige Spritzprodukte aus r-PET, leichter, effizienter, mit Hilfe geringerer Injektionsdrücke bzw. Spritzdrücke, in besserer Qualität, mit weniger Ausschussteilen, in kürzerer Zeit und/oder kostengünstiger produziert werden.

Es kann bevorzugt vorgesehen sein, dass das zumindest eine Monomer in einem abgeschlossenen, insbesondere in einem vor Sauerstoff geschützten, Behälter erwärmt und dem plastifizierten und/oder aufgeschmolzenen Polymer-Ausgangsmaterial zugeführt wird, insbesondere in das plastifizierte und/oder aufgeschmolzene Polymer-Ausgangsmaterial injiziert wird. So können Leckagen und die Bildung eines entzündbaren Luft-Gas-Gemisches weitgehend vermieden werden.

Es kann auch vorgesehen sein, dass mehr als eine Art von Polymer-Ausgangsmaterial Verwendung findet. Beispielsweise kann bei Verwendung des Polymer-Ausgangsmaterials PET zusätzlich auch noch ein zweites Polymer-Ausgangsmaterial wie beispielsweise

Polyethylennaphthalat (PEN) verwendet werden. Es kann somit vorgesehen sein, dass zwei oder mehrere Polymer-Ausgangsmaterialien verwendet werden. Dabei ist es verfahrenstechnisch von Vorteil, wenn ein Monomer zugeführt wird bzw. wenn nur ein Monomer zugeführt werden muss, welches zum Aufbau der verwendeten Polymer-Ausgangsmaterialien geeignet ist.

Insbesondere im Fall der beiden Polymer-Ausgangsmaterialien PET und/oder PEN aber auch bei anderen Polymer-Ausgangsmaterialien kann MEG ein passendes Monomer für mehr als ein Polymer-Ausgangsmaterials sein.

Es kann dabei vorgesehen sein, dass das Monomer zuerst in einem vorgelagerten Schritt auf eine bestimmte Temperatur, vorzugsweise $> 200\text{ }^{\circ}\text{C}$, erwärmt und/oder mit einem bestimmten Druck komprimiert wird, bevor es im gasförmigen Aggregatzustand dem Polymer-Ausgangsmaterial zugeführt wird.

Ein Polymer ist ein aus Makromolekülen bestehender Stoff. Synthetische Polymere sind dabei Stoffe, die durch Polyreaktionen, das heißt mit anderen Worten durch Polymerisationsreaktionen wie Kettenpolymerisation, Polyaddition oder Polykondensation, entstehen.

Ein Monomer ist ein kleines, reaktionsfähiges Molekül, das als Grundbaustein für Makromoleküle und/oder Polymere geeignet ist.

Die Formulierung „dem Polymer-Ausgangsmaterial wird zumindest ein Monomer im gasförmigen Aggregatzustand zugeführt“ kann wie folgt mit anderen Worten ausgedrückt werden:

Im gasförmigen Aggregatzustand befindet sich das zumindest eine Monomer, wenn der Siedepunkt des zumindest einen Monomers erreicht und/oder überschritten wird. Das heißt die

Phasengrenzlinie Feststoff-Gas oder die Phasengrenzlinie Flüssigkeit-Gas des zumindest einen Monomers wird überschritten. Das heißt das zumindest eine Monomer liegt als Gas vor.

„Zuführen“ heißt in diesem Zusammenhang, dass das zumindest eine Monomer in Kontakt mit dem Polymer-Ausgangsmaterial gebracht wird. In einer Formgebungsmaschine bietet es sich daher in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel an, dass das zumindest eine Monomer in einen Massezylinder eingebracht wird, in dem sich das Polymer-Ausgangsmaterial befindet. „Zuführen des zumindest einen Monomers im gasförmigen Aggregatzustand“ kann in diesem Ausführungsbeispiel heißen, dass das zumindest eine Monomer als Gas in den Massezylinder injiziert wird und infolgedessen mit dem plastifizierten und/oder aufgeschmolzenen Polymer-Ausgangsmaterial in Kontakt gebracht wird. Dieser Kontakt kann durch die Drehbewegung einer Schnecke, die das Stoffgemisch bestehend aus gasförmigem Monomer sowie plastifiziertem und/oder aufgeschmolzenem Polymer-Ausgangsmaterial vermischt, vorzugsweise homogenisiert, verstärkt werden.

An dieser Stelle wird noch explizit darauf hingewiesen, dass die Formulierung „dem Polymer-Ausgangsmaterial wird zumindest ein Monomer im gasförmigen Aggregatzustand zugeführt“ heißt, dass das zumindest eine Monomer im Moment des Zuführens zum Polymer-Ausgangsmaterial, konkret beim Einführen in einen Massezylinder einer Plastifiziereinheit oder eines Spritzaggregats und/oder beim ersten In-Kontakt-Bringen und/oder beim ersten In-Kontakt-Treten mit dem Polymer-Ausgangsmaterial, im Wesentlichen im gasförmigen Aggregatzustand vorliegt. Es ist darüber hinaus denkbar, dass das zumindest eine Monomer vor oder nach dem Zuführen zumindest teilweise oder vollständig einen anderen Aggregatzustand einnimmt.

Eine Plastifiziereinheit ist eine Vorrichtung mit einer Schnecke, um Polymer-Ausgangsmaterial zu plastifizieren und/oder aufzuschmelzen. Eine solche Plastifiziereinheit kann über eine Einlassöffnung das Polymer-Ausgangsmaterial, meist in Form eines Granulats, aufnehmen und über eine Auslassöffnung das Polymer-Ausgangsmaterial, meist in Form einer plastifizierten und/oder aufgeschmolzenen Masse, weiterführen. In einem einfachen Ausführungsbeispiel handelt es sich bei der Plastifiziereinheit um einen Schneckenextruder. Es besteht aber auch die Möglichkeit, dass die Plastifiziereinheit weitere Funktionen übernimmt wie beispielsweise das Einspritzen des Polymer-Ausgangsmaterials. In diesem Fall handelt es sich bei der Plastifiziereinheit gleichzeitig auch um ein Spritzaggregat.

Die Schnecke kann eine Plastifizierschnecke und/oder eine Schubschnecke sein. Plastifizierschnecken sind im Massezylinder drehbar gelagert und angetrieben. Beispielsweise in einem Extruder werden Plastifizierschnecken verwendet, welche axial fix im Massezylinder verbaut sind. Schubschnecken sind nicht nur drehbar sondern auch axial verschiebbar im Massezylinder angeordnet und angetrieben. Mit Schubschnecken können somit auch Einspritzvorgänge realisiert werden.

Ein Einspritzaggregat ist eine Plastifiziereinheit, die in der Lage ist Polymer-Ausgangsmaterial, vorzugsweise mit einem bestimmten Druck in ein Formgebungswerkzeug, einzuspritzen.

Die Schnecke einer Plastifiziereinheit kann verschiedene Zonen aufweisen, die nachfolgend erklärt werden:

Eine Einzugszone ist jener Bereich einer Schnecke einer Plastifiziereinheit, in dem das Polymer-Ausgangsmaterial von der Schnecke aufgenommen und eventuell bereits begonnen wird, dieses

Polymer-Ausgangsmaterial zu plastifizieren und/oder aufzuschmelzen.

Eine Kompressionszone ist jener Bereich einer Schnecke einer Plastifiziereinheit, in dem das Polymer-Ausgangsmaterial plastifiziert und/oder aufgeschmolzen sowie verdichtet wird. Der Füllgrad im Schneckengang nimmt infolgedessen zu. Der Druck des plastifizierten und/oder aufgeschmolzenen Polymer-Ausgangsmaterials nimmt in der Kompressionszone meist kontinuierlich zu. Es kann entlang einer Schnecke mehr als eine Kompressionszone geben.

Eine Dekompressionszone ist jener Bereich einer Schnecke einer Plastifiziereinheit, in dem der Druck des plastifizierten und/oder aufgeschmolzenen Polymer-Ausgangsmaterials geringer ist als in einem anderen Bereich der Schnecke. Es kann entlang einer Schnecke mehr als eine Dekompressionszone geben.

Bevorzugt weisen Dekompressionszonen im Vergleich zu Kompressionszonen eine größere Gangtiefe und/oder eine größere Gangsteigung zumindest eines Schneckengangs – vorzugsweise aller Schneckengänge – der Schnecke auf.

Eine Mischzone ist jener Bereich einer Schnecke einer Plastifiziereinheit, in dem spezielle Mischelemente auf der Schnecke vorgesehen sind, wodurch sich die Mischleistung erhöht. Dies ist besonders bei homogenen Einmischungen von Zusatzstoffen, wie beispielsweise bei einem Monomer, wichtig. Es kann entlang einer Schnecke mehr als eine Mischzone geben.

Eine Entgasungszone ist jener Bereich einer Schnecke einer Plastifiziereinheit, in dem der Füllgrad im Schneckengang unter 100 % liegt und somit flüchtige Bestandteile der Schmelze in Form von Gas entweichen können. Das Entweichen erfolgt meistens

über einen Entgasungsstutzen. Es kann entlang einer Schnecke mehr als eine Entgasungszone geben.

Eine Meteringzone ist jener Bereich einer Schnecke einer Plastifiziereinheit, in dem das plastifizierte und/der aufgeschmolzene Polymer-Ausgangsmaterial homogenisiert, komprimiert und anschließend durch eine Auslassöffnung weitergeführt wird. Im Fall eines Einspritzaggregats kann das plastifizierte und/der aufgeschmolzene Polymer-Ausgangsmaterial durch eine axial beweglichen Schnecke noch weiter komprimiert und anschließend mit einem bestimmten Spritzdruck durch eine Einspritzdüse in ein Formgebungswerkzeug eingespritzt werden.

Ein Niederdruckbereich ist ein Bereich in einer Plastifiziereinheit und/oder eines Einspritzaggregats, in dem ein niederer Druck als in einem anderen Bereich der Plastifiziereinheit und/oder des Einspritzaggregats herrscht. Bevorzugt kann ein solcher Niederdruckbereich einen Druck von unter 5 bar aufweisen. Ein solcher Bereich kann dadurch entstehen, dass das Kanalvolumen in einer Plastifiziereinheit und/oder einem Einspritzaggregats größer ist als das geförderte Volumen eines plastifizierten und/oder aufgeschmolzenen Polymer-Ausgangsmaterials. Vorzugsweise erstreckt sich ein solcher Niederdruckbereich über eine Länge von einmal bis zweimal die Länge des Schneckendurchmessers in diesem Bereich. Es kann entlang einer Schnecke mehr als einen Niederdruckbereich geben.

Zu bemerken ist, dass ein Niederdruckbereich gleichzeitig eine Dekompressionszone, eine Entgasungszone und/oder eine Einzugszone sein kann.

Eine erfindungsgemäße Vorrichtung kann durch ihren Einsatz bei bereits bekannten Ausführungsformen des Standes der Technik, wie

beispielsweise in dieser Beschreibung offenbart, ihren Einsatz finden und nachträglich installiert werden.

Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung werden in den abhängigen Ansprüchen definiert.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, dass das Polymer-Ausgangsmaterial von einer Plastifiziereinheit in ein Spritzaggregat überführt wird.

Es kann dabei vorgesehen sein, dass das Polymer-Ausgangsmaterial vor, während und/oder nach dem Zuführen des Monomers von einer Plastifiziereinheit in ein Spritzaggregat überführt wird.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, dass das Monomer in einem Niederdruckbereich, vorzugsweise in eine Dekompressionszone, in eine Entgasungszone und/oder in eine Einzugszone, der Plastifiziereinheit und/oder des Spritzaggregats zu dem Polymer-Ausgangsmaterial zugeführt wird, vorzugsweise wobei ein Niederdruckbereich einen Bereich mit einem Druck weniger als 5 bar darstellt.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, dass der Niederdruckbereich, vorzugsweise die Dekompressionszone, die Einzugszone und/oder die Entgasungszone, der Plastifiziereinheit und/oder des Spritzaggregats einen Bereich niederen Drucks, vorzugsweise über eine Länge von einem bis zu zwei Schneckendurchmessern, aufweist, in dem durch Atmosphärendruck oder Unterdruck eine Entgasung des Polymer-Ausgangsmaterials bewirkt und/oder das Monomer zugeführt wird.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, dass das Monomer in eine Mischzone der Plastifiziereinheit und/oder des Spritzaggregats zugeführt wird.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, dass die Plastifiziereinheit und/oder das Spritzaggregat mit einer Schubschnecke ausgestattet ist, vorzugsweise die in einem Niederdruckbereich, vorzugsweise in einer Dekompressionszone, in einer Einzugszone und/oder in einer Entgasungszone, teilgefüllt ist.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, dass das Polymer-Ausgangsmaterial vor, während und/oder nach dem Zuführen des Monomers mit einem Filter filtriert wird.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, dass die Viskosität des Polymer-Ausgangsmaterials vor, während und/oder nach dem Zuführen des Monomers mit zumindest einem Rheometer an der Formgebungsmaschine, insbesondere an der Spritzgießmaschine, gemessen wird, wobei das zumindest eine Rheometer nach der Plastifiziereinheit, vorzugsweise zwischen der Plastifiziereinheit und der Schließeinheit und/oder zwischen der Plastifiziereinheit und dem Spritzaggregat und/oder zwischen dem Spritzaggregat und der Schließeinheit, angeordnet ist.

Es könnte weiters in einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel vorgesehen sein, dass durch die Messwerte des Rheometers oder eines anderen Messgeräts das Zuführen des Monomers gesteuert und/oder geregelt wird. So kann beispielsweise bei einer zu niedrigen Viskosität, gemessen nach dem Zuführen des Monomers, eine geringere Menge an zugeführtem Monomer und vice versa eingestellt werden. Andererseits ist es ebenfalls denkbar mit Hilfe einer vor dem Zuführen des Monomers gemessenen Viskosität und/oder korrelierenden Größe die Zuführparameter des Monomers zu steuern und/oder zu regeln.

Sämtliche Messgrößen vor, während und/oder nach dem Zuführen des Monomers können zur Prozessüberwachung, Prozesssteuerung und/oder Prozessregelung herangezogen werden. Ein Adaptieren der Menge, der Temperatur und/oder des Druckes des zugeführten Monomers in das Polymer-Ausgangsmaterial und/oder des Polymer-Ausgangsmaterials kann in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel während des Betriebes überwacht, gesteuert und/oder geregelt werden.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, dass die Viskosität des Polymer-Ausgangsmaterials nach dem Zuführen des Monomers eine intrinsische Viskosität von höchstens 0,8 dl/g, insbesondere 0,4 dl/g bis 0,7 dl/g, insbesondere 0,5 dl/g bis 0,6 dl/g aufweist.

Die intrinsische Viskosität kann dabei beispielsweise laut Norm DIN EN ISO 1628-5:2015-05 gemessen werden.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, dass die zugeführte Menge des Polymer-Ausgangsmaterials und/oder des Monomers gemessen, gesteuert und/oder geregelt wird.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, dass das Polymer-Ausgangsmaterial ein Polykondensat, insbesondere ein Polyester, insbesondere Polyethylenterephthalat (PET), Polytrimethylenterephthalat (PTT), Polybutylenterephthalat (PBT), Polylactid (PLA), Polyhydroxybutyrat (PHB), Polyethylenphthalat (PEN), Polycarbonat (PC), Polyestercarbonat (PEC) und/oder Polyarylat (PAR) ist.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, dass das Polymer-Ausgangsmaterial ein Copolymer, insbesondere ein Copolykondensat, vorzugsweise ein Copolyester ist. Ein

Copolymer ist dabei ein Polymer, das aus zwei oder mehr verschiedenartigen Monomeren aufgebaut ist. Analog dazu ist ein Copolyester ein Polyester, der neben den zwei zum Aufbau dieses Polyesters notwendigen Monomeren zumindest ein anderes Monomer beinhaltet. Beispielsweise kann ein Copolyester ein modifiziertes PET sein, bei dem neben den für den PET-Aufbau notwendigen Monomeren Terephthalsäure und Ethylenglykol auch noch weitere Monomere wie Isophthalsäure und/oder 1,4-Cyclohexandimethanol eingebaut werden.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, dass das Monomer zum Aufbau des Polymer-Ausgangsmaterials geeignet ist und zumindest eine Hydroxylgruppe, Carboxylgruppe, Organyloxycarbonylgruppe und/oder eine Halogencarbonylgruppe aufweist, vorzugsweise ein Diol oder eine Hydroxycarbonsäure oder eine Dicarbonsäure, insbesondere Ethylenglykol (1,2-Ethandiol), 1,3-Propandiol, 1,4-Butandiol, 2-Hydroxypropansäure und/oder 3-Hydroxybutansäure, ist.

Wird ein zum Aufbau des Polymer-Ausgangsmaterials geeignetes Monomer ohne weitere Bestandteile, das heißt ohne weitere Fremdbestandteile, verwendet, werden die Polymerketten des Polymer-Ausgangsmaterials gekürzt und somit dessen Viskosität reduziert. Werden neben dem Monomer weitere Bestandteile hinzugeführt, können neben einer Kürzung der Polymerketten auch andere chemische Reaktionen und/oder werkstoffliche Veränderungen bewirkt werden. Die Modifizierung eines Polymer-Ausgangsmaterials ist in keiner Art und Weise darauf beschränkt nur durch das Zuführen eines Monomers, eine Viskositätsverringerung zu bewirken. Jegliche Materialmodifikation, die neben dem erfindungsgemäßen Formgebungsverfahren denkbar ist, kann zusätzlich und ergänzend implementiert werden.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, dass ein Gasgemisch aus Monomer und Inertgas als Schleppmittel, vorzugsweise Stickstoff und/oder Kohlenstoffdioxid, zugeführt wird.

Bei einem solchen Ausführungsbeispiel kann durch ein Gasgemisch aus einem Monomer und einem Treibgas wie Stickstoff eine Formgebungsmaschine und ein Formgebungsverfahren bereitgestellt werden, bei dem die Viskosität des Polymer-Ausgangsmaterials gezielt verändert wird und gleichzeitig ein Aufschäumen bewirkt wird.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, dass ein Gemisch aus Monomer und einem Nukleierungsmittel, vorzugsweise mineralischen Füllstoffen und/oder sich vom Polymer-Ausgangsmaterial unterscheidende Polymer-Materialien, als Gasgemisch und/oder als Aerosol zugeführt wird.

Manche Verpackungen aus dem Lebensmittelbereich werden entweder bei bis zu 100 °C befüllt oder heiß sterilisiert, das heißt kurzzeitig bis zu 120 °C erwärmt. PET besitzt eine Glasübergangstemperatur von 70 °C und hält im amorphen Zustand dieser thermischen Belastung nicht stand. Daher werden derartige Produkte nach dem Stand der Technik nukleiert, wodurch sich kristalline Bereiche bilden, die erst bei 250 °C bis 260 °C schmelzen. Eine unkontrollierte Kristallisation führt leicht zur Versprödung der Produkte, weshalb eine langsamere Kühlung im Spritzgießwerkzeug nicht den erwünschten Effekt hat. Als Nukleierungsmittel werden beispielsweise mineralische Füllstoffe wie Kreide oder Fremdkunststoffe wie Polyethylen (PE) in geringen Mengen verwendet. Es gibt auch speziell abgestimmte Masterbatches zur Erzielung einer möglichst großen Zahl an keimbildenden Stellen und fein verteilten Sphärolithen.

Weiters wird Schutz begehrt für eine Formgebungsmaschine, insbesondere eine Spritzgießmaschine, insbesondere eingerichtet zum Durchführen eines Formgebungsverfahrens nach einem der vorangegangenen Ansprüche, zum Herstellen eines Formteils aus einem Polymer-Ausgangsmaterial mit einer Plastifiziereinheit und/oder eines Spritzaggregats zum Plastifizieren, zum Aufschmelzen und/oder zum Einspritzen des Polymer-Ausgangsmaterials sowie mit einer Zuführvorrichtung zum Zuführen zumindest eines Monomers im gasförmigen Aggregatzustand zum Polymer-Ausgangsmaterial.

Weiters wird Schutz begehrt für ein Formteil, insbesondere Spritzgießerzeugnis, welches nach einem erfindungsgemäßen Formgebungsverfahren hergestellt wird.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, dass das Formteil, insbesondere Spritzgießerzeugnis, ein Polymererzeugnis ist und das Polymererzeugnis dünnwandig ist, vorzugsweise eine Wandstärke von unter 1,5 mm, vorzugsweise unter 1 mm aufweist.

Unter Formgebungsmaschinen können Spritzgießmaschinen, Spritzpressen, Pressen und dergleichen verstanden werden. Auch Formgebungsmaschinen, bei welchen die plastifizierte Masse einem geöffneten Formwerkzeug zugeführt wird, sind durchaus denkbar.

Weitere Vorteile und Einzelheiten bevorzugter Ausführungsbeispiele der Erfindung ergeben sich aus den Figuren sowie der dazugehörigen Figurenbeschreibungen. Dabei zeigen:

Fig. 1: ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Verfahrens im einstufigen Prozess;

Fig. 2: ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Verfahrens im zweistufigen Prozess mit Zuführung des gasförmigen Monomers in die erste Plastifiziereinheit;

Fig. 3: ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Verfahrens im zweistufigen Prozess mit Zuführung des gasförmigen Monomers in die zweite Plastifiziereinheit.

Fig. 1 zeigt eine Formgebungsmaschine 2 mit angedeuteter Schließereinheit 20 sowie einer Plastifiziereinheit 4. Das Formgebungswerkzeug 19 ist in diesem Ausführungsbeispiel zweiteilig und im an der Schließereinheit 20 montierten Zustand gezeigt.

In diesem Ausführungsbeispiel erfolgt das Verfahren in einem einstufigen Prozess. Das heißt die Zuführung eines Monomers 3 und die Plastifizierung und/oder das Aufschmelzen eines Polymer-Ausgangsmaterials 1 finden in einer Plastifiziereinheit 4 statt.

Die Plastifiziereinheit 4 weist einen Massezylinder 21 auf.

Die Plastifiziereinheit 4 ist auf einer Seite über eine Leitung mit einem der beiden Formgebungswerkzeuge 19 und auf der anderen Seite mit einem Antrieb 15, der die Plastifizierschnecke 22 in der Plastifiziereinheit 4 antreibt, verbunden. Über einen Massetrichter 13, der antriebsseitig an der Plastifiziereinheit 4 angeordnet ist, kann das Polymer-Ausgangsmaterial 1 der Plastifizierschnecke 22 zugeführt werden.

Nachdem das Polymer-Ausgangsmaterial 1 aus dem Massetrichter 13, welches dort meistens als Granulat in Form von Flakes, Pellets oder Ähnlichem vorliegt, in die Einzugszone 8 eingezogen ist, wird das Polymer-Ausgangsmaterial 1 über die rotierende Plastifizierschnecke 22 weitertransportiert. Die

Plastifizierschnecke 22 besteht wie üblich bei Plastifiziereinheiten 4 aus verschiedenen Zonen.

Niederdruckbereiche 6 sind in diesem Ausführungsbeispiel die Entgasungszone 7 sowie die Einzugszone 8. Die Einzugszone 8 ist jener Bereich der Plastifizierschnecke 22, in dem das Polymer-Ausgangsmaterial 1 über den Massetrichter 13 zugeführt wird. In der Einzugszone 8 ist meistens der Schneckenkerndurchmesser konstant. Nach der Einzugszone 8 folgt in diesem Ausführungsbeispiel eine Kompressionszone, in der der Schneckenkerndurchmesser stetig zunimmt und somit das Polymer-Ausgangsmaterial 1 durch geeignete Druck- (Kompressions-) und Temperaturbedingungen plastifiziert oder aufgeschmolzen wird. Diese Zone wird daher Kompressionszone genannt. Die Entgasungszone 7 weist einen geringeren Schneckenkerndurchmesser auf als der größte Schneckenkerndurchmesser der Kompressionszone, daher handelt es sich bei der Entgasungszone 7 um einen Niederdruckbereich 6, der auch Dekompressionszone genannt wird. Als letzte Zone folgt in diesem Ausführungsbeispiel die Meteringzone 14, in welcher die gewünschte Menge an ausreichend plastifiziertem oder aufgeschmolzenem sowie homogenisiertem Polymer-Ausgangsmaterial 1 vorliegt und über eine Leitung in das Formgebungswerkzeug 19 eingeleitet, vorzugsweise eingespritzt, wird.

In diesem Ausführungsbeispiel erfolgt die Zuführung zumindest eines Monomers 3 über eine Zuführvorrichtung 12 in einen Niederdruckbereich 6, konkret in die Entgasungszone 7. Die Zuführvorrichtung 12 weist einen Behälter 16, in dem sich das gasförmige oder zumindest teilweise gasförmige Monomer 3 befindet, und ein den Behälter 16 beheizendes Heizelement 17 auf. Durch einen Kompressor 18 kann das gasförmige sowie

vorgewärmte Monomer 3 über eine Leitung in die Entgasungszone 7 eingeleitet werden.

Durch den Kompressor 18 ist der Gasdruck ausreichend hoch, um das gasförmige Monomer 3 dem Polymer-Ausgangsmaterial 1 in der Entgasungszone 7 zuzuführen. Das heißt mit anderen Worten der Gasdruck übersteigt den Druck des plastifizierten und/oder des aufgeschmolzenen Polymer-Ausgangsmaterials 1 an der Stelle der Zuführung des Monomers 3. Es kann in bevorzugten Ausführungsvarianten vorgesehen sein, den Druck und/oder die Temperatur des gasförmigen Monomers 3 und/oder des plastifizierten und/oder des aufgeschmolzenen Polymer-Ausgangsmaterials 1 beispielsweise mit Hilfe eines Sensors zu messen. Hierzu kann in einer bevorzugten Ausführungsform mindestens ein Druckaufnehmer und/oder mindestens ein Temperatursensor und/oder mindestens ein anderes geeignetes Messgerät in einem Massezylinder und/oder in einem Kompressor verwendet werden.

Fig. 2 zeigt eine Formgebungsmaschine 2 mit angedeuteter Schließeinheit 20, einer Plastifiziereinheit 4 sowie einem Spritzaggregat 5. Das Formgebungswerkzeug 19 ist in diesem Ausführungsbeispiel zweiteilig und im an der Schließeinheit 20 montierten Zustand gezeigt.

Die Plastifiziereinheit 4 und die Zuführung eines Polymer-Ausgangsmaterials 1 sowie eines Monomers 3 in diesem Ausführungsbeispiel entsprechen dem Ausführungsbeispiel in Fig. 1.

Zusätzlich zu dem Ausführungsbeispiel in Fig. 1 sind hier zwischen der Plastifiziereinheit 4 und der Schließeinheit 20 samt Formgebungswerkzeugen 19 noch ein Filter 10, ein Rheometer 11 und ein Spritzaggregat 5 vorgesehen.

In diesem Ausführungsbeispiel erfolgt das Verfahren in einem zweistufigen Prozess. Das heißt die Zuführung eines Monomers 3 und die Plastifizierung oder das Aufschmelzen eines Polymer-Ausgangsmaterials 1 finden in der Plastifiziereinheit 4 statt. Nach einem Filter 10 und einem Rheometer 11 ist in diesem Ausführungsbeispiel eine zweite Stufe mit einem Spritzaggregat 5 vorgesehen, bei der das Polymer-Ausgangsmaterial 1 mit dem zugeführtem Monomer 3 weiter homogenisiert und entgast wird. Das heißt, dass im Zuge der zweiten Stufe flüchtige Stoffe wie nicht reagiertes MEG und/oder Verunreinigungen entfernt werden können.

Der Filter 10 kann ein handelsüblicher Schmelzefilter sein. Durch die vom ersten Antrieb 15 angetriebene Plastifizierschnecke 22 der Plastifiziereinheit 4 kann das Polymer-Ausgangsmaterial 1 durch den Filter 10 gedrückt werden, um damit Verunreinigungen zu entfernen.

Durch das zugeführte Monomer 3 kann die Viskosität des Polymer-Ausgangsmaterials 1 reduziert werden. Wenn das Zuführen des Monomers 3 vor dem Filter 10 stattfindet, wie in diesem Ausführungsbeispiel, so können feinere Filter verwendet werden, um kleine Verunreinigungen aus dem plastifiziertem oder aufgeschmolzenen Polymer-Ausgangsmaterial 1 mit dem zugeführtem Monomer 3 zu entfernen.

Je niedriger die Viskosität des Polymer-Ausgangsmaterials 1 ist, desto feinere Filter können verwendet werden und desto kleinere Verunreinigungen können aus dem Polymer-Ausgangsmaterial 1 entfernt werden.

Es ist denkbar, wie in einem anderen Ausführungsbeispiel in Figur 3 gezeigt, dass das Zuführen des Monomers 3 nach dem Filter 10 stattfinden kann. Es aber auch denkbar, dass das

Zuführen des Monomers 3 an einer oder mehreren beliebigen Stellen innerhalb der Formgebungsmaschine 2, insbesondere der Spritzgießmaschine, vorgesehen ist.

Ein Filtern kann vor, nach und/oder während der Zuführung des Monomers 3 erfolgen.

Nach dem Filter 10 ist ein Rheometer 11 angeordnet, welches die Viskosität des Polymer-Ausgangsmaterials 1 misst.

In diesem Ausführungsbeispiel ist eine Inline-Messung vorgesehen, bei der das Rheometer 11 direkt und unmittelbar in der das Polymer-Ausgangsmaterial 1 führenden Prozessleitung angeordnet ist. Auf diese Weise sind kontinuierliche, exakte und in Echtzeit durchgeführte Messungen möglich.

Eine Inline-Messung kann vor, nach und/oder während der Zuführung des Monomers 3 erfolgen.

Die Messung der Viskosität kann in einem anderen Ausführungsbeispiel online erfolgen. Dabei ist beispielsweise eine Abzweigung oder ein Bypass von der das Polymer-Ausgangsmaterial 1 führenden Prozessleitung vorgesehen, an der das Rheometer 11 angeordnet ist. Die Messung findet dann nicht mehr direkt und unmittelbar in der Prozessleitung statt. Bei einer Online-Messung können kontinuierliche Messungen durchgeführt werden.

Eine Online-Messung kann vor und/oder nach der Zuführung des Monomers 3 erfolgen.

Statt oder zusätzlich zu Inline- und/oder Online-Messungen der Viskosität des Polymer-Ausgangsmaterials 1 kann vorgesehen sein, dass Proben des Polymer-Ausgangsmaterials 1 aus der

Formgebungsmaschine 2 entnommen werden und vor Ort und/oder an einem anderen Ort untersucht werden.

Durch eine Messung der Viskosität des Polymer-Ausgangsmaterials 1 können Entscheidungen während des Formgebungsverfahrens getroffen werden. Beispielsweise kann durch eine Messung der Viskosität des Polymer-Ausgangsmaterials 1, die inline oder online durchgeführt wird, die Menge an zugegebenen Monomer 3 oder eingezogenen Polymer-Ausgangsmaterials 1 während des Betriebes der Formgebungsmaschine 2 adaptiert werden. Es können auch aufgrund der gemessenen Daten, die durch den Filter 10 und/oder das Rheometer 11 erhalten werden, auch andere Verfahrensparameter adaptiert werden, wie zum Beispiel Extrusionsgeschwindigkeit, Temperatur, Temperaturverlauf, Dosiervolumen, Druck, Druckverlauf, Notstopp etc.

Adaptionen der Verfahrensparameter können durch Messergebnisse des Filters 10 und/oder des Rheometers 11 sowohl manuell durch Bedienpersonal als auch automatisiert durch entsprechende Programme sowie Steuer- und Regelkreise durchgeführt werden. In diesem Zusammenhang ist auch eine Kommunikation in einem Netzwerk, zum Beispiel einem Maschinenpark mit mehreren Maschinen, möglich.

Nach dem Rheometer 11 ist in diesem Ausführungsbeispiel in Fig. 2 ein Spritzaggregat 5 vorgesehen, welches eine durch einen zweiten Antrieb 15 angetriebene Schubschnecke 9 beinhaltet.

Unter Schubschnecken werden Schnecken verstanden, die sowohl rotierbar als auch axial verschiebbar in einem Massezylinder gelagert sind.

Die Schubschnecke 9 des Spritzaggregats 5 kann einen konstanten Schneckendurchmesser aufweisen. Es ist in einem anderen Ausführungsbeispiel möglich, dass die Gangtiefe und /oder die Gangsteigung zumindest einer der Schneckengänge der Schubschnecke variiert, um Kompressionszonen und Dekompressionszonen vorzusehen. Das Spritzaggregat 5 kann neben Begasung und Entgasung eine höhere Qualität des Polymer-Ausgangsmaterials 1 durch weiteres Homogenisieren bewirken.

Es kann bevorzugt vorgesehen sein, dass die Einzugszone 8 der Schubschnecke 9 des Spritzaggregats 5 teilgefüllt ist und somit einen Niederdruckbereich 6 darstellt.

Es kann bevorzugt vorgesehen sein, dass die Einzugszone 8 der Schubschnecke 9 des Spritzaggregats 5 teilgefüllt ist und somit einen Niederdruckbereich 6 darstellt, in dem das Monomer 3 im gasförmigen Aggregatzustand zugeführt werden kann. Ein solches Ausführungsbeispiel ist in Fig. 3 dargestellt.

Es kann bevorzugt vorgesehen sein, dass die Einzugszone 8 der Schubschnecke 9 des Spritzaggregats 5 teilgefüllt ist und durch Atmosphärendruck oder Unterdruck eine Entgasung des Polymer-Ausgangsmaterials 1 ermöglicht.

Es kann bevorzugt vorgesehen sein, dass die Einzugszone 8 der Schubschnecke 9 des Spritzaggregats 5 teilgefüllt ist und somit einen Niederdruckbereich 6 darstellt, welcher über eine Länge von 1 bis 2 Schneckendurchmessern reicht.

Fig. 3 zeigt eine Formgebungsmaschine 2 mit angedeuteter Schließeinheit 29, einer Plastifiziereinheit 4 und einem Spritzaggregat 5. Das Formgebungswerkzeug 19 ist in diesem Ausführungsbeispiel zweiteilig und im an der Schließeinheit 20 montierten Zustand gezeigt.

Die Plastifiziereinheit 4 und das Spritzaggregat 5 sowie die angedeutete Schließeinheit 20 in diesem Ausführungsbeispiel entsprechen dem Ausführungsbeispiel in Fig. 2.

In diesem Ausführungsbeispiel erfolgt das Verfahren wie bei Fig. 2 in einem zweistufigen Prozess. In diesem Ausführungsbeispiel wird das Polymer-Ausgangsmaterial 1 in einem ersten Schritt durch die Plastifiziereinheit 4 plastifiziert. Danach wird das Polymer-Ausgangsmaterial 1 durch den Filter 10 und das Rheometer 11 geleitet und dem Spritzaggregat 5 zugeführt. In der zweiten Stufe wird in dem Spritzaggregat 5 das Monomer 3 dem Polymer-Ausgangsmaterial 1 zugeführt und durch die Schubschnecke 9 homogenisiert, um anschließend durch das Spritzaggregat 5 in das Formgebungswerkzeug 19 eingeleitet zu werden. Die Art und Weise des Zuführens des Monomers 3 entspricht jenem Ausführungsbeispiel aus Fig. 2.

Im Gegensatz zu dem Ausführungsbeispiel in Fig. 2 ist hier das Zuführen des Monomers 3 erst im Spritzaggregat 5 vorgesehen.

In Bezug auf das Spritzaggregat 5 kann in einem anderen Ausführungsbeispiel vorgesehen sein, dass die Einzugszone gleichzeitig eine Entgasungszone ist.

Bezugszeichenliste

- 1 Polymer-Ausgangsmaterial
- 2 Formgebungsmaschine
- 3 Monomer
- 4 Plastifiziereinheit
- 5 Spritzaggregat
- 6 Niederdruckbereich
- 7 Entgasungszone
- 8 Einzugszone
- 9 Schubschnecke
- 10 Filter
- 11 Rheometer
- 12 Zuführvorrichtung
- 13 Massetrichter
- 14 Meteringzone
- 15 Antrieb
- 16 Behälter
- 17 Heizelement
- 18 Kompressor
- 19 Formgebungswerkzeug
- 20 Schließeinheit
- 21 Massezylinder
- 22 Plastifizierschnecke

Innsbruck, am 7. November 2022

Patentansprüche

1. Formgebungsverfahren zum Herstellen eines Formteils aus einem Polymer-Ausgangsmaterial (1) in einer Formgebungsmaschine (2), insbesondere einer Spritzgießmaschine, wobei das Polymer-Ausgangsmaterial (1) plastifiziert und/oder aufgeschmolzen wird und dem Polymer-Ausgangsmaterial (1) zumindest ein Monomer (2) im gasförmigen Aggregatzustand zugeführt wird.
2. Formgebungsverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Polymer-Ausgangsmaterial (1) von einer Plastifiziereinheit (4) in ein Spritzaggregat (5) überführt wird.
3. Formgebungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Monomer (3) in einem Niederdruckbereich (6), vorzugsweise in eine Dekompressionszone, in eine Entgasungszone (7) und/oder in eine Einzugszone (8), der Plastifiziereinheit (4) und/oder des Spritzaggregats (5) zu dem Polymer-Ausgangsmaterial (1) zugeführt wird, vorzugsweise wobei ein Niederdruckbereich (6) einen Bereich mit einem Druck weniger als 5 bar darstellt.
4. Formgebungsverfahren nach dem vorangegangenen Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass der Niederdruckbereich (6), vorzugsweise die Dekompressionszone, die Einzugszone (7) und/oder die Entgasungszone (8), der Plastifiziereinheit (4) und/oder des Spritzaggregats (5) einen Bereich niederen Drucks, vorzugsweise über eine Länge von einem bis zu zwei Schneckendurchmessern, aufweist, in dem durch Atmosphärendruck oder Unterdruck eine Entgasung des Polymer-Ausgangsmaterials (1) bewirkt und/oder das Monomer (3) zugeführt wird.

5. Formgebungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Monomer (3) in eine Mischzone der Plastifiziereinheit (4) und/oder des Spritzaggregats (5) zugeführt wird.
6. Formgebungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Plastifiziereinheit (4) und/oder das Spritzaggregat (5) mit einer Schubschnecke (9) ausgestattet ist, vorzugsweise die in einem Niederdruckbereich (6), vorzugsweise in einer Dekompressionszone, in einer Einzugszone (7) und/oder in einer Entgasungszone (8), teilgefüllt ist.
7. Formgebungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Polymer-Ausgangsmaterial (1) vor, während und/oder nach dem Zuführen des Monomers (3) mit einem Filter (10) filtriert wird.
8. Formgebungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Viskosität des Polymer-Ausgangsmaterials (1) vor, während und/oder nach dem Zuführen des Monomers (3) mit zumindest einem Rheometer (11) an der Formgebungsmaschine (2), insbesondere an der Spritzgießmaschine, gemessen wird, wobei das zumindest eine Rheometer nach der Plastifiziereinheit (4), vorzugsweise zwischen der Plastifiziereinheit (4) und der Schließeinheit (20) und/oder zwischen der Plastifiziereinheit (4) und dem Spritzaggregat (5) und/oder zwischen dem Spritzaggregat (5) und der Schließeinheit (20), angeordnet ist.
9. Formgebungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Viskosität des Polymer-Ausgangsmaterials (1) nach dem Zuführen des Monomers (3) eine intrinsische Viskosität von höchstens

0,8 dl/g, insbesondere 0,4 dl/g bis 0,7 dl/g, insbesondere 0,5 dl/g bis 0,6 dl/g aufweist.

10. Formgebungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zugeführte Menge des Polymer-Ausgangsmaterials (1) und/oder des Monomers (3) gemessen, gesteuert und/oder geregelt wird.
11. Formgebungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Polymer-Ausgangsmaterial (1) ein Polykondensat, insbesondere ein Polyester, insbesondere Polyethylenterephthalat (PET), Polytrimethylenterephthalat (PTT), Polybutylenterephthalat (PBT), Polylactid (PLA), Polyhydroxybutyrat (PHB), Polyethylenphthalat (PEN), Polycarbonat (PC), Polyestercarbonat (PEC) und/oder Polyarylat (PAR) ist.
12. Formgebungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Monomer (3) zum Aufbau des Polymer-Ausgangsmaterials (1) geeignet ist und/oder zumindest eine Hydroxylgruppe, Carboxylgruppe, Organyloxycarbonylgruppe und/oder eine Halogencarbonylgruppe aufweist, vorzugsweise ein Diol und/oder eine Hydroxycarbonsäure und/oder eine Dicarbonsäure, insbesondere Ethylenglykol (1,2-Ethandiol), 1,3-Propandiol, 1,4-Butandiol, 2-Hydroxypropansäure und/oder 3-Hydroxybutansäure, ist.
13. Formgebungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Gasgemisch aus Monomer (3) und Inertgas als Schleppmittel, vorzugsweise Stickstoff und/oder Kohlenstoffdioxid, zugeführt wird.
14. Formgebungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Gemisch aus Monomer (3) und einem Nukleierungsmittel, vorzugsweise

mineralischen Füllstoffen und/oder sich vom Polymer-Ausgangsmaterial (1) unterscheidende Polymer-Materialien, als Gasgemisch und/oder als Aerosol zugeführt wird.

15. Formgebungsmaschine (2), insbesondere eine Spritzgießmaschine, insbesondere eingerichtet zum Durchführen eines Formgebungsverfahrens nach einem der vorangegangenen Ansprüche, zum Herstellen eines Formteils aus einem Polymer-Ausgangsmaterial (1) mit einer Plastifiziereinheit (4) und/oder einem Spritzaggregat (5) zum Plastifizieren, zum Aufschmelzen und/oder zum Einspritzen des Polymer-Ausgangsmaterials (1) sowie mit einer Zuführvorrichtung (12) zum Zuführen zumindest eines Monomers (3) im gasförmigen Aggregatzustand zum Polymer-Ausgangsmaterial (1).
16. Formteil, insbesondere Spritzgießerzeugnis, welches nach einem Formgebungsverfahren der vorangegangenen Ansprüche 1 bis 14 hergestellt wird.
17. Formteil, insbesondere Spritzgießerzeugnis, nach dem vorangegangenen Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass das Formteil ein Polymererzeugnis ist und das Polymererzeugnis dünnwandig ist, vorzugsweise eine Wandstärke von unter 1,5 mm, vorzugsweise unter 1 mm aufweist.

Innsbruck, am 7. November 2022

Fig. 1

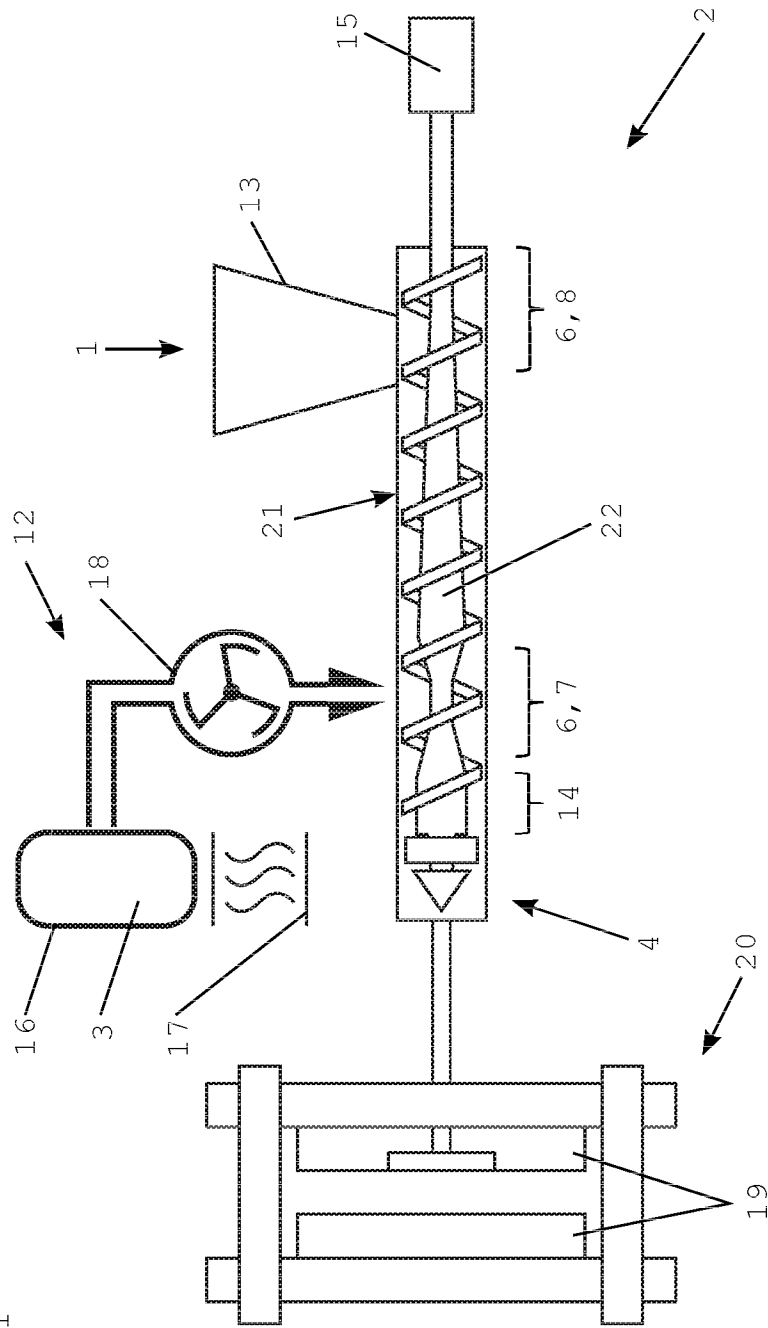


Fig. 2

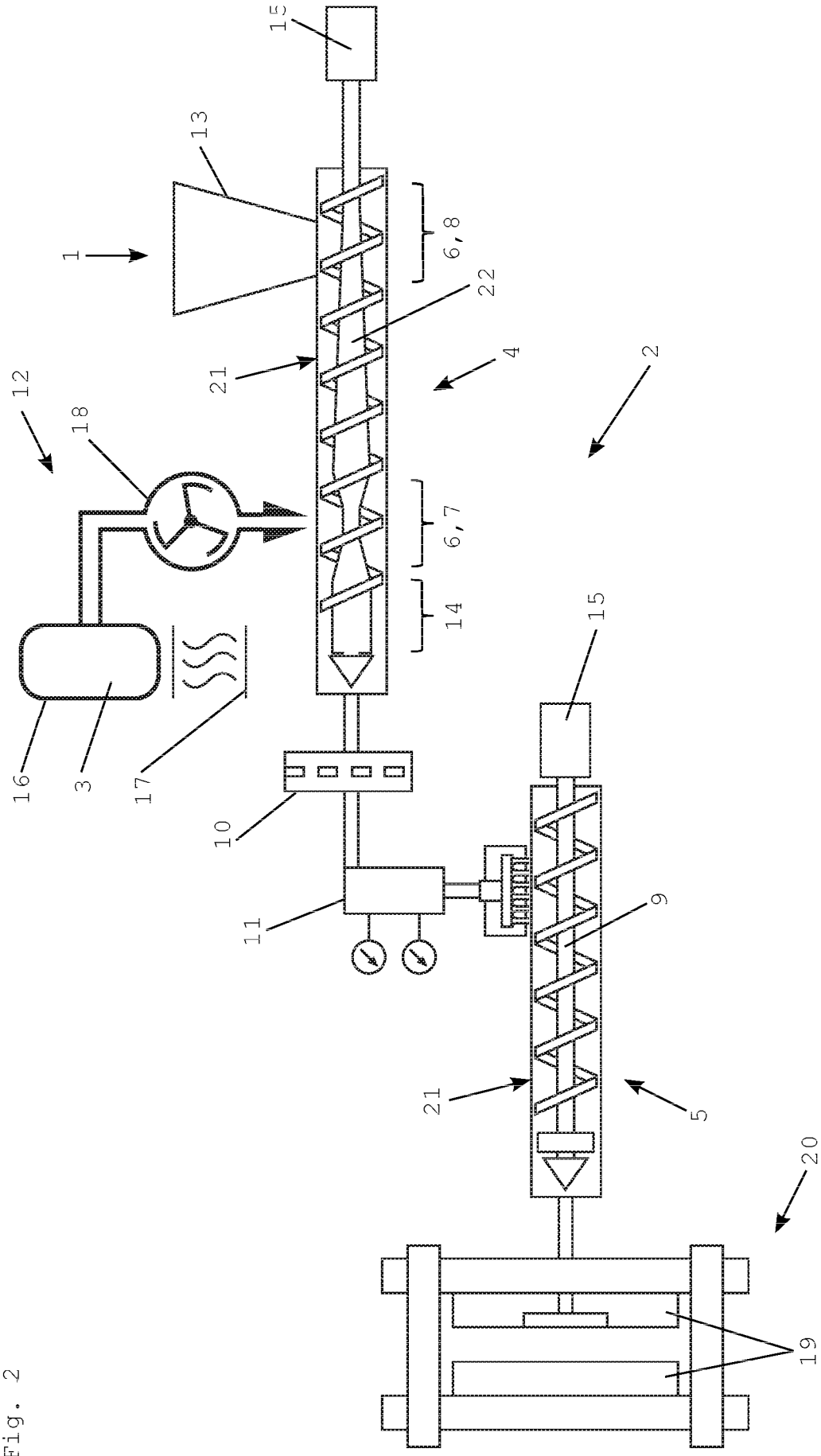
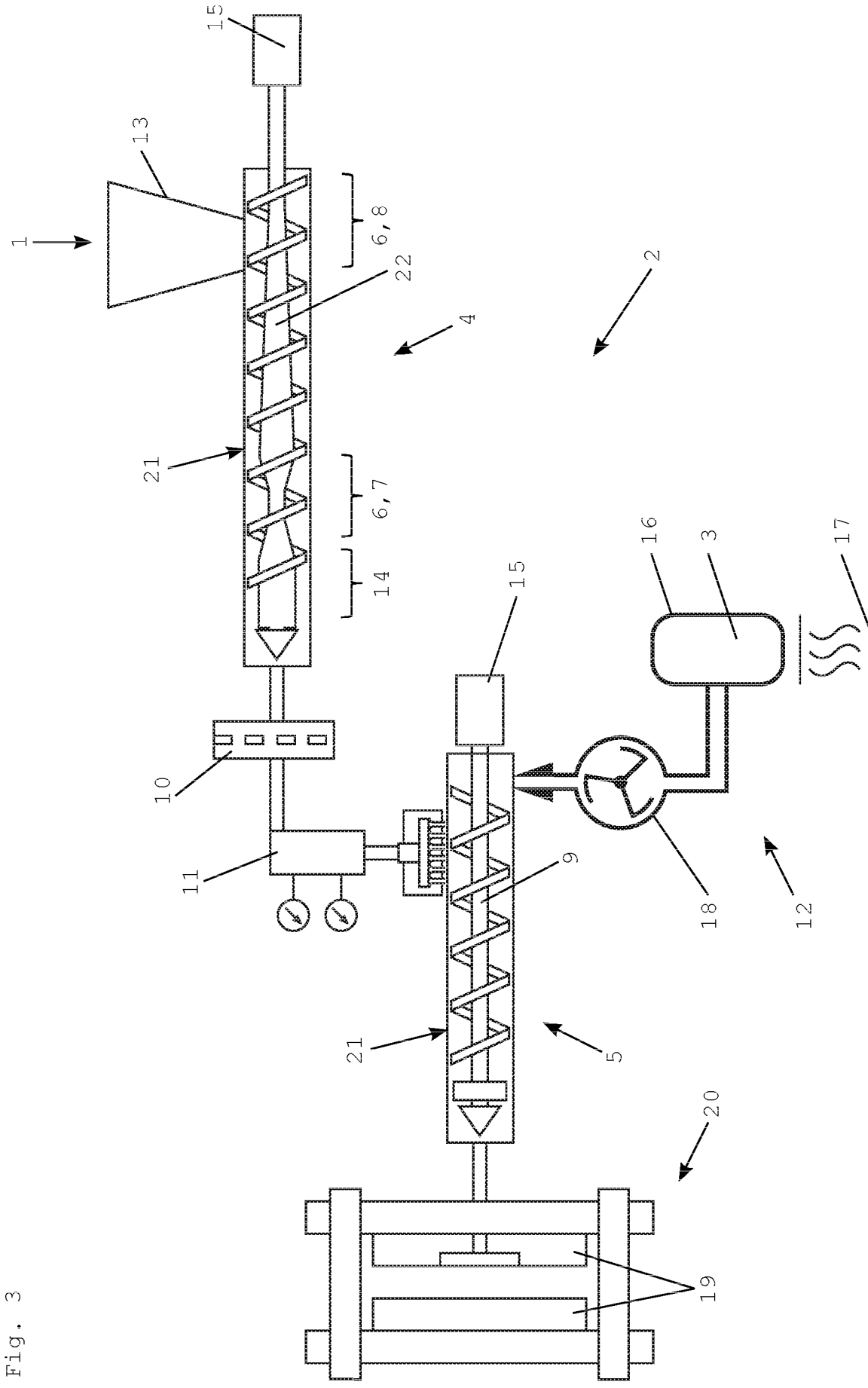


Fig. 3



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:

C08J 11/04 (2006.01); C08J 11/24 (2006.01); C08J 11/26 (2006.01); B29B 17/00 (2006.01); B29C 45/00 (2006.01); B29K 67/00 (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:

C08J 11/04 (2013.01); C08J 11/24 (2013.01); C08J 11/26 (2013.01); B29B 17/00 (2013.01); B29C 45/0001 (2013.01); C08J 2367/02 (2013.01); B29K 2067/00 (2019.01); B29K 2067/003 (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):

C08J, B29B, B29K, B29C

Konsultierte Online-Datenbank:

EPODOC

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 07.11.2022 eingereichten Ansprüchen 1-17 erstellt.

Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
Y	DE 69714070 T2 (CONTINENTAL PET TECHNOLOGIES) 30. Januar 2003 (30.01.2003) S. 25, vorletzter Absatz	1-17
Y	DE 102006023354 A1 (LURGI ZIMMER GMBH) 22. November 2007 (22.11.2007) Absätze [0039], [0070], Fig. 1	1-17
Y	WO 2004106025 A1 (OHL TECHNOLOGIES GMBH) 09. Dezember 2004 (09.12.2004) Anspruch 12	1-17

Datum der Beendigung der Recherche:

16.06.2023

Seite 1 von 1

Prüfer(in):

SCHMELZER Peter

^{*)} Kategorien der angeführten Dokumente:

- X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y** Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand 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.

Geänderte Patentansprüche

1. Formgebungsverfahren zum Herstellen eines Formteils aus einem Polymer-Ausgangsmaterial (1) in einer Formgebungsmaschine (2), insbesondere einer Spritzgießmaschine, wobei das Polymer-Ausgangsmaterial (1) plastifiziert und/oder aufgeschmolzen wird und dem Polymer-Ausgangsmaterial (1) zumindest ein Monomer (2) im gasförmigen Aggregatzustand zugeführt wird.
2. Formgebungsverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Polymer-Ausgangsmaterial (1) von einer Plastifiziereinheit (4) in ein Spritzaggregat (5) überführt wird.
3. Formgebungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Monomer (3) in einem Niederdruckbereich (6), vorzugsweise in eine Dekompressionszone, in eine Entgasungszone (7) und/oder in eine Einzugszone (8), der Plastifiziereinheit (4) und/oder des Spritzaggregats (5) zu dem Polymer-Ausgangsmaterial (1) zugeführt wird, vorzugsweise wobei ein Niederdruckbereich (6) einen Bereich mit einem Druck weniger als 5 bar darstellt.
4. Formgebungsverfahren nach dem vorangegangenen Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass der Niederdruckbereich (6), vorzugsweise die Dekompressionszone, die Einzugszone (7) und/oder die Entgasungszone (8), der Plastifiziereinheit (4) und/oder des Spritzaggregats (5) einen Bereich niederen Drucks, vorzugsweise über eine Länge von einem bis zu zwei Schneckendurchmessern, aufweist, in dem durch Atmosphärendruck oder Unterdruck eine Entgasung des Polymer-Ausgangsmaterials (1) bewirkt und/oder das Monomer (3) zugeführt wird.

5. Formgebungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Monomer (3) in eine Mischzone der Plastifiziereinheit (4) und/oder des Spritzaggregats (5) zugeführt wird.
6. Formgebungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Plastifiziereinheit (4) und/oder das Spritzaggregat (5) mit einer Schubschnecke (9) ausgestattet ist, vorzugsweise die in einem Niederdruckbereich (6), vorzugsweise in einer Dekompressionszone, in einer Einzugszone (7) und/oder in einer Entgasungszone (8), teilgefüllt ist.
7. Formgebungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Polymer-Ausgangsmaterial (1) vor, während und/oder nach dem Zuführen des Monomers (3) mit einem Filter (10) filtriert wird.
8. Formgebungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Viskosität des Polymer-Ausgangsmaterials (1) vor, während und/oder nach dem Zuführen des Monomers (3) mit zumindest einem Rheometer (11) an der Formgebungsmaschine (2), insbesondere an der Spritzgießmaschine, gemessen wird, wobei das zumindest eine Rheometer nach der Plastifiziereinheit (4), vorzugsweise zwischen der Plastifiziereinheit (4) und der Schließeinheit (20) und/oder zwischen der Plastifiziereinheit (4) und dem Spritzaggregat (5) und/oder zwischen dem Spritzaggregat (5) und der Schließeinheit (20), angeordnet ist.
9. Formgebungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Viskosität des Polymer-Ausgangsmaterials (1) nach dem Zuführen des Monomers (3) eine intrinsische Viskosität von höchstens

0,8 dl/g, insbesondere 0,4 dl/g bis 0,7 dl/g, insbesondere 0,5 dl/g bis 0,6 dl/g aufweist.

10. Formgebungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zugeführte Menge des Polymer-Ausgangsmaterials (1) und/oder des Monomers (3) gemessen, gesteuert und/oder geregelt wird.
11. Formgebungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Polymer-Ausgangsmaterial (1) ein Polykondensat, insbesondere ein Polyester, insbesondere Polyethylenterephthalat (PET), Polytrimethylenterephthalat (PTT), Polybutylenterephthalat (PBT), Polylactid (PLA), Polyhydroxybutyrat (PHB), Polyethylnaphthalat (PEN), Polycarbonat (PC), Polyester碳酸 (PEC) und/oder Polyarylat (PAR) ist.
12. Formgebungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Monomer (3) zum Aufbau des Polymer-Ausgangsmaterials (1) geeignet ist und/oder zumindest eine Hydroxylgruppe, Carboxylgruppe, Organyloxycarbonylgruppe und/oder eine Halogencarbonylgruppe aufweist, vorzugsweise ein Diol und/oder eine Hydroxycarbonsäure und/oder eine Dicarbonsäure, insbesondere Ethylenglykol (1,2-Ethandiol), 1,3-Propandiol, 1,4-Butandiol, 2-Hydroxypropansäure und/oder 3-Hydroxybutansäure, ist.
13. Formgebungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Gasgemisch aus Monomer (3) und Inertgas als Schleppmittel, vorzugsweise Stickstoff und/oder Kohlenstoffdioxid, zugeführt wird.
14. Formgebungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Gemisch aus Monomer (3) und einem Nukleierungsmittel, vorzugsweise

mineralischen Füllstoffen und/oder sich vom Polymer-Ausgangsmaterial (1) unterscheidende Polymer-Materialien, als Gasgemisch und/oder als Aerosol zugeführt wird.

15. Formgebungsmaschine (2), insbesondere eine Spritzgießmaschine, insbesondere eingerichtet zum Durchführen eines Formgebungsverfahrens nach einem der vorangegangenen Ansprüche, zum Herstellen eines Formteils aus einem Polymer-Ausgangsmaterial (1) mit einer Plastifiziereinheit (4) und/oder einem Spritzaggregat (5) zum Plastifizieren, zum Aufschmelzen und/oder zum Einspritzen des Polymer-Ausgangsmaterials (1) sowie mit einer Zuführvorrichtung (12) zum Zuführen zumindest eines Monomers (3) im gasförmigen Aggregatzustand zum Polymer-Ausgangsmaterial (1).
16. Formteil, insbesondere Spritzgießerzeugnis, welches mittels eines Formgebungsverfahrens aus einem Polymer-Ausgangsmaterial (1) in einer Formgebungsmaschine (2), insbesondere einer Spritzgießmaschine, hergestellt wird, wobei das Polymer-Ausgangsmaterial (1) plastifiziert und/oder aufgeschmolzen wird und dem Polymer-Ausgangsmaterial (1) zumindest ein Monomer (2) im gasförmigen Aggregatzustand zugeführt wird.
17. Formteil, insbesondere Spritzgießerzeugnis, nach dem vorangegangenen Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass das Formteil ein Polymererzeugnis ist und das Polymererzeugnis dünnwandig ist, vorzugsweise eine Wandstärke von unter 1,5 mm, vorzugsweise unter 1 mm aufweist.

Innsbruck, am 11. September 2023