(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
19. Januar 2023 (19.01.2023)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2023/285156 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B29C 48/255 (2019.01) *B29C 48/685* (2019.01)
B29C 48/285 (2019.01) *B29C 48/25* (2019.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2022/068074

(22) Internationales Anmeldedatum:
30. Juni 2022 (30.06.2022)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2021 207 518.5
14. Juli 2021 (14.07.2021) DE

(71) Anmelder: **AIM3D GMBH** [DE/DE]; Industriestraße 12, 18069 Rostock (DE).

(72) Erfinder: **ZIELKE, René**; Franz-Jacob-Straße 1, 18069 Rostock (DE). **WEIDNER, Tim**; Friesenstraße 10, 18057 Rostock (DE). **MORRISON, Vincent**; Jörnbergweg 8, 18292 Krakow am See (DE). **LIEBERWIRTH, Clemens**; Laurembergstraße 30, 18059 Rostock (DE).

(74) Anwalt: **MAIKOWSKI & NINNEMANN PATENTANWÄLTE PARTNERSCHAFT MBB**; 15 09 20, 10671 Berlin (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT,

(54) Title: CHARGING SYSTEM FOR FEEDING PROCESSING MATERIAL TO AN EXTRUDER SCREW, HAVING AXIALLY EXTENDING RECESSES IN A HOPPER WALL

(54) Bezeichnung: BEFÜLLEINRICHTUNG FÜR DIE ZUFÜHRUNG VON VERARBEITUNGSMATERIAL AN EINE EXTRUDERSCHNECKE MIT AXIAL ERSTRECKENDEN EINBUCHTUNGEN AN EINER TRICHTERWANDUNG

FIG 1

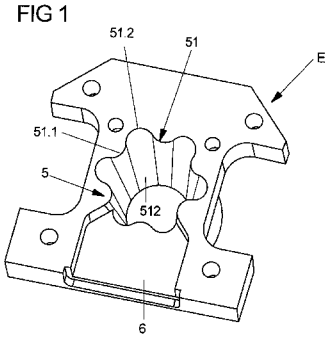
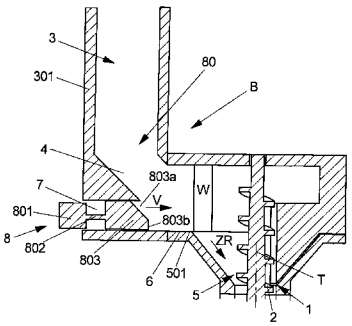


FIG 9



(57) Abstract: The solution proposed relates, in particular, to a charging system (B) for feeding processing material, in particular granular processing material, to at least one extruder screw (2), the system comprising a hopper (5), designed to conduct the processing material (G) in a feed direction (ZR) to the extruder screw (2) and extending along a hopper axis (T) which extends in parallel to a longitudinal axis of the extruder screw (2) when the charging system is mounted as intended. The hopper (5) of the charging system (B) according to the invention has a plurality of recesses (51.2) which each extend axially relative to the hopper axis (T) on a hopper wall (51) that extends about the hopper axis (T).

(57) Zusammenfassung: Die vorgeschlagene Lösung betrifft insbesondere eine Befülleinrichtung (B) für die Zuführung von Verarbeitungsmaterial, insbesondere von granulatförmigem Verarbeitungsmaterial an mindestens eine Extruderschnecke (2), mit einem Trichter (5), der eingerichtet ist, das Verarbeitungsmaterial (G) entlang einer Zuführrichtung (ZR) an die Extruderschnecke (2) zu leiten und sich entlang einer Trichterachse (T) erstreckt, die im bestimmungsgemäß montierten Zustand der Befülleinrichtung parallel zu einer Längsachse der Extruderschnecke (2) verläuft. Bei der vorgeschlagenen Befülleinrichtung (B) weist der Trichter (5) an einer sich um die Trichterachse (T) erstreckenden Trichterwandung (51) mehrere jeweils sich, bezogen auf die Trichterachse (T), axial erstreckende Einbuchtungen (51.2) aufweist.

WO 2023/285156 A1

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Befülleinrichtung für die Zuführung von Verarbeitungsmaterial an eine Extruderschnecke mit axial erstreckenden Einbuchtungen an einer Trichterwandung

Beschreibung

Die vorgeschlagene Lösung betrifft insbesondere eine Befülleinrichtung für die Zuführung von Verarbeitungsmaterial an eine Extruderschnecke, insbesondere eine Extruderschnecke für die additive Fertigung mit Metall-, Keramik- und/oder Kunststoffspritzgussgranulaten.

Schneckenextruder finden vor allem im Bereich der Serienfertigung von Bauteilen mittels Spritzguss und Druckguss Anwendung. Dabei befinden sich Extruderschnecke, Einspritzdüse und Matrize meist in einer waagerechten Linie zueinander. Die Befüllung mit Material, das hauptsächlich als Granulat oder Pulver vorliegt, erfolgt dabei in der Regel im hintersten Teil des Schneckenextruders, in der sogenannten Einzugszone. Das Material wird über einen Trichter, der auf einem Rohrschnitt des Extruders aufsitzt, direkt vertikal auf die Extruderschnecke geführt. Durch einen ausreichend großen Querschnitt im Trichter, der eine Brückenbildung verhindert, fällt das Material schwerkraftgetrieben auf die Schnecke und wird von ihr eingezogen. Im Bereich der Serienfertigung werden in der Regel sogenannte Drei-Zonen-Schneckenextruder eingesetzt, welche das Material einziehen und zur Düse fördern. Das Material wird komprimiert, entlüftet und homogenisiert. Danach wird ein Druck zur Füllung der Matrize aufgebaut.

Die Einzugszone des Schneckenextruders ist häufig als Rohrschnitt in einem Gehäuse des Schneckenextruders ausgeführt. Auf diesem Rohrschnitt ist ein Trichter angeordnet

über den das Material der Schnecke zugeführt werden kann. Rohrschnitt und Trichter sind von ihrem minimalen Querschnitt dabei so zu wählen, dass sich keine Brückenbildung des als Granulat vorliegenden Materials ergeben kann. Dies hängt dabei stark von Schüttwinkel und Reibungskoeffizient des verwendeten Schüttgutes ab.

In der DE 10 2014 018 081 A1 ist eine 3D-Druckervorrichtung zur additiven Fertigung metallischer Bauteile beschrieben. Hierbei kommt ebenfalls ein Schneckenextruder zum Einsatz, der als Granulat vorliegendes Verarbeitungsmaterial verarbeitet. In einem verfahrbaren Druckkopf der 3D-Druckvorrichtung wird mittels eines senkrecht angeordneten Schneckenextruders das thermoplastisch verformbare Verarbeitungsmaterial schichtweise extrudiert, um ein dreidimensionales Bauteil zu erzeugen. Nähere Angaben zur Förderung des Verarbeitungsmaterials an die Extruderschnecke enthält die DE 10 2014 018 081 A1 nicht.

Der Einsatz von Schneckenextrudern für die additive Fertigung ist vor allem durch ihr Gewicht und ihre Baugröße limitiert, die typischerweise stark von der Länge der Extruderschnecke abhängen, da die Schneckenextruder entweder verfahrbar ausgeführt sein müssen oder das gesamte Baufeld bewegt wird. Letztere Variante macht es allerdings erforderlich, die gesamte 3D-Druckvorrichtung deutlich überzudimensionieren.

Aus der DE 10 2017 114 841 A1 sind vor diesem Hintergrund bereits eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Extrusion von Verarbeitungsmaterial bekannt, mit dem eine Kompression granulatförmigen Verarbeitungsmaterials erhöht werden kann, um einen dichten und kontinuierlichen Materialstrang extrudieren zu können. Hierfür ist ein Zerkleinerungswerkzeug in einem Trichter einer Befülleinrichtung vorgesehen. Über dieses Zerkleinerungswerkzeugs wird unter Wirkung der sich drehenden Extruderschnecke das Verarbeitungsmaterial gezielt zerkleinert, wodurch sich insbesondere eine Schüttdichte im Bereich der Extruderschnecke erhöhen lässt.

Gleichwohl sich mit der aus der DE 10 2017 114 841 A1 vorgeschlagenen Lösung bereits deutliche Verbesserungen bei der Extrusion von Verarbeitungsmaterial für die additive Fertigung von Bauteilen erzielen lassen, besteht weiterhin Bedarf an Verbesserungen in diesem Bereich, insbesondere mit Blick auf die besonderen Anforderungen bei additiven Fertigungsprozessen.

Vor diesem Hintergrund ist eine Befülleinrichtung für die Zuführung von Verarbeitungsmaterial an mindestens eine Extruderschnecke vorgeschlagen, die einen

speziell ausgestalteten Trichter umfasst. Der Trichter ist hierbei eingerichtet, das Verarbeitungsmaterial entlang einer Zuführrichtung an die Extruderschnecke zu leiten. Hierfür erstreckt sich der Trichter entlang einer Trichterachse, die im bestimmungsgemäß montierten Zustand der Befülleinrichtung parallel zu einer Längsachse der Extruderschnecke verläuft. Der vorgeschlagene Trichter weist an einer sich um die Trichterachse erstreckenden Trichterwandung mehrere jeweils sich, bezogen auf die Trichterachse, axial erstreckende Einbuchtungen auf.

Im montierten Zustand der Befülleinrichtung an eine Extrudervorrichtung für die additive Fertigung eines Bauteils verläuft somit die Trichterachse der vorgeschlagenen Befülleinrichtung parallel zu einer typischerweise vertikal verlaufenden Längsachse der Extruderschnecke. Die Trichterwandung des Trichters weist dann mehrere sich axial erstreckende Einbuchtungen und damit Kavitäten auf. Die Einbuchtungen springen folglich radial nach außen zurück und stellen damit eine lokale Vergrößerung einer Trichteröffnung des Trichters dar. Es hat sich gezeigt, dass mit einem derart geformten Trichter signifikante Verbesserungen bei der Extrusion von Verarbeitungsmaterial, insbesondere von granulatförmigen Verarbeitungsmaterial im Rahmen eines additiven Fertigungsprozesse erzielt werden können. So lassen sich zum Beispiel mit einer vorgeschlagenen Befülleinrichtung gleichmäßigere Extrusionsbilder bei Kunststoffgranulat und hier insbesondere bei vergleichsweise zählen Thermoplasten erreichen.

Der Trichter kann grundsätzlich als separat gefertigtes, einstückiges Bauteil ausgebildet sein, das austauschbar an einer Extrudervorrichtung mit mindestens einer Extruderschnecke einsetzbar ist. Insbesondere kann der Trichter als Teil eines auswechselbaren Einzugs ausgebildet sein, der vorgefertigt an eine Extrudervorrichtung zur additiven Fertigung montierbar ist.

In einer Ausführungsvariante sind die Einbuchtungen an der Trichterwandung entlang einer Umfangslinie um die Trichterachse aufeinanderfolgend angeordnet. Hierbei können die Einbuchtungen insbesondere gleichmäßig verteilt an der Trichterwandung angeordnet sein, insbesondere gleichmäßig verteilt entlang einer kreisförmigen Umfangslinie.

Die Querschnittsgeometrie der Einbuchtungen ist grundsätzlich variabel. In einer Ausführungsvariante sind die Einbuchtungen in einem Querschnitt (quer zur Trichterachse), bezogen auf Trichterachse, radial nach außen gewölbt ausgebildet. Dies

schließt insbesondere eine im Querschnitt konkave Ausführung der Einbuchtungen an der Trichterwandung ein.

Um die Förderung des Verarbeitungsmaterials sowohl in axialer Richtung entlang der Trichterachse und damit der Längsachse der Extruderschnecke sowie radial in Richtung der Extruderschnecke zu unterstützen, kann zumindest eine der Einbuchtungen sich radial verjüngend ausgebildet sein. Derart nimmt in wenigstens einem Endabschnitt, gegebenenfalls aber auch betrachtet über die gesamte Längserstreckung der jeweiligen Einbuchtung eine radiale Tiefe der Einbuchtung, mit zunehmender axialer Erstreckung entlang der Trichterachse ab, insbesondere kontinuierlich ab. Es steht somit entlang der Trichterachse über die jeweilige Einbuchtung weniger Raum für das Verarbeitungsmaterial zur Verfügung. Sind beispielsweise die einzelnen Einbuchtungen derart dimensioniert, dass eine Breite einer Einbuchtungen, gemessen entlang einer Umfangslinie um die Trichterachse, mindestens einer maximalen Breite oder einem maximalen Durchmesser eines Granulatkorns des granulatförmigen Verarbeitungsmaterials entspricht, können an einem (oberen) Ende des Trichters Granulatkörner in die Einbuchtungen hinein gelangen und werden dann, unter Wirkung der sich drehenden Extruderschnecke, zu einer axialen Verlagerung nach unten entlang der Einbuchtungen gezwungen. Breite und Tiefe einer Einbuchtung sind somit z.B. auf Granulatkörner eines granulatförmigen Verarbeitungsmaterial derart abgestimmt, dass an der Extrudervorrichtung in dem Trichter Förderräume gebildet sind, die jeweils radial außen von einer Einbuchtung und radial innen von der Extruderschnecke berandet sind und die einzelnen Granulatkörner im Betrieb der Extrudervorrichtung in diesen – auf die (mittleren) Abmessungen der Granulatkörner abgestimmten – Förderräumen gehalten und gegen eine Verlagerung aus diesen Förderräumen gesperrt werden. Eine Breite einer Einbuchtung übersteigt dabei eine maximale Breite respektive einen maximalen Durchmesser eines Granulatkorns um nicht mehr als 20%.

Eine an der Trichterwandung vorgesehene Einbuchtung kann für Aufnahme eines granulatförmigen Verarbeitungsmaterials ausgebildet sein, dessen maximale äußere Abmessung 15 mm nicht übersteigt. Ein Granulatkorn des Verarbeitungsmaterial weist somit keine äußere Abmessung (Breite, Länge, Höhe oder Durchmesser) auf, der größer ist als 15 mm und eine Einbuchtung ist so bemessen, dass sie an einem oberen Trichterende eine Breite und radiale Tiefe aufweist, die in der Größenordnung der maximalen Abmessung des zu verarbeitenden Granulatkorns liegt. So haben sich Ausführungsvarianten der vorgeschlagenen Lösung insbesondere für die Verarbeitung von granulatförmigem Verarbeitungsmaterial als vorteilhaft erwiesen, bei dem alle

Granulatkörner von einem kugelförmigen Referenzvolumen mit einem Referenzdurchmesser von 15 mm oder einem kreiszylindrischen Referenzvolumen mit einer Referenzhöhe von 15 mm und einem Referenzdurchmesser von 10 mm umschrieben werden können, also vollständig innerhalb eines entsprechenden Referenzvolumens liegen. Beispielweise ist die vorgeschlagene Lösung für die Verarbeitung von Kunststoffgranulaten mit einem Referenzdurchmesser von 1,5 bis 6 mm, insbesondere von 3 mm, Langfasergranulaten mit einer Referenzhöhe bis zu 15 mm, insbesondere von 9 bis 12 mm oder keramischen Granulaten mit einem Referenzdurchmesser von 1,5 bis 8 mm, insbesondere von 3 mm oder 5 mm von Vorteil, um ein gleichmäßige(re)s Extrusionsbild zu erhalten. Breite und Tiefe einer Einbuchtung liegen dann folglich jeweils im Bereich von 1,875 bis 18,75 mm.

Um eine gleichmäßige Zuführung von Verarbeitungsmaterial und eine gleichmäßige Extrusion weiter zu unterstützen, sind in einer Ausführungsvariante alle Einbuchtungen der Trichterwand jeweils sich radial verjüngend ausgebildet. Über eine radiale Verjüngung aller Einbuchtungen an der Trichterwandung kann beispielsweise an einem Ende des Trichters die Trichterwandung umfangsseitig umlaufend glatt, d.h. nach Art eines glatten Rohrabschnitts, ausgebildet sein.

Alternativ oder ergänzend kann zumindest eine der Einbuchtungen sich axial verjüngend ausgebildet sein. Bei einer axialen Verjüngung einer Einbuchtungen nimmt in wenigstens einem Endabschnitt, gegebenenfalls aber auch betrachtet über die gesamte Längserstreckung der Einbuchtungen, eine in Umfangsrichtung gemessene Breite der Einbuchtungen mit zunehmender axialer Erstreckung entlang der Trichterachse ab, insbesondere kontinuierlich ab. In einem bestimmungsgemäß eingebauten Zustand der Befülleinrichtung wird somit dann beispielsweise eine Einbuchtung zu einem Trichterende hin schmaler. Hierbei kann ebenfalls vorgesehen sein, dass alle Einbuchtungen an der Trichterwand jeweils axial verjüngend ausgebildet sind.

Sind Einbuchtungen sowohl axial als auch radial verjüngend ausgebildet, nimmt zu einem Trichterende hin sowohl eine in Umfangsrichtung gemessene Breite als auch eine radiale Tiefe einer Einbuchtung ab.

Geometrisch betrachtet kann die mit den Einbuchtungen ausgebildete Trichterwandung im Querschnitt eine innere Umfangslinie und eine äußere Umfangslinie definieren. Die innere Umfangslinie tangiert dabei radial innerste Bereiche der Trichterwandung und umschreibt damit einen minimalen Öffnungsquerschnitt einer für die Extruderschnecke

vorgesehene Trichteröffnung des Trichters. Die äußere Umfangslinie tangiert demgegenüber die radial äußersten Bereiche der Einbuchtungen. Die äußere Umfangslinie umschreibt damit beispielsweise einen maximalen Außendurchmesser eines virtuellen Kreiszylinders oder eines virtuellen Kegelstumpfs, in dem sich die Trichterwandung mit den Einbuchtungen von einem ersten (oberen) Trichterende zu einem zweiten (unteren) Trichterende erstreckt.

In einer Ausführungsvariante ist nun beispielsweise vorgesehen, dass sich die Trichteröffnung entlang der Trichterachse verjüngt, sodass der minimale Öffnungsquerschnitt entlang der Trichterachse abnimmt. Beispielsweise kann eine konische Verjüngung der Trichteröffnung vorgesehen sein. Der für die Extruderschnecke zur Verfügung stehende und durch einen Durchmesser der Trichteröffnung definierte Querschnitt nimmt somit zu einem Trichterende hin ab. Ein derart gestalteter Trichter kann mit einer sich konisch verjüngenden Extruderschnecke kombiniert sein.

In einer alternativen Ausführungsvariante, bei der sich radial verjüngende Einbuchtungen vorgesehen sind, kann demgegenüber ein Durchmesser der äußeren Umfangslinie unter Beibehaltung des minimalen Öffnungsquerschnitts entlang der Trichterachse abnehmen. Ein Durchmesser der äußeren Umfangslinie nimmt somit über die Querschnitte entlang der Trichterachse betrachtet ab, während der minimale Öffnungsquerschnitt der für die Extruderschnecke vorgesehenen Trichteröffnung und damit ein Durchmesser der inneren Umfangslinie entlang der Trichterachse unverändert bleibt. In dieser Variante hat dann folglich eine Extruderschnecke in der mit der Befülleinrichtung ausgestatteten Extrudervorrichtung einem gleichbleibenden Schneckendurchmesser.

In einer Ausführungsvariante grenzen zwei Einbuchtungen entlang einer Umfangslinie um die Trichterlängsachse aneinander an. Die zwei Einbuchtungen gehen somit unmittelbar ineinander über. Insbesondere können hierbei auch alle Einbuchtungen entlang der Umfangslinie, die um die Trichterachse gleichmäßig verteilt angeordnet sind, jeweils unmittelbar paarweise aneinander angrenzen. Zwischen einander angrenzenden Einbuchtungen ist dann beispielsweise eine sich längs (d.h. entlang der Trichterachse) erstreckende Trennkante ausgebildet. Eine solche Trennkante kann dann auch als Zerkleinerungskante und insbesondere als Rippe ausgebildet sein, an der granulatförmiges Verarbeitungsmaterial unter Wirkung der Extruderschnecke zerkleinert, insbesondere zertrümmert wird. Über eine zwischen zwei Einbuchtungen entsprechend ausgebildete Trennkante kann somit unter Wirkung der sich drehenden Extruderschnecke gezielt eine Scherwirkung erzeugt werden.

Alternativ kann zwischen zwei Einbuchtungen entlang einer Umfangslinie um die Trichterachse ein Verbindungsabschnitt ausgebildet sein. Ein solcher Verbindungsabschnitt ist folglich nicht als Einbuchtung ausgeführt. Insbesondere kann ein entsprechender Verbindungsabschnitt im Vergleich zu den zwei angrenzenden Einbuchtungen abweichend geformt sein. Beispielsweise ist der zwischen zwei Einbuchtungen vorgesehene Verbindungsabschnitt, bezogen auf die Trichterachse, radial nach innen und damit in Richtung einer durch den Trichter definierten Trichteröffnung für die Extruderschnecke vorstehend ausgeführt. Dies schließt insbesondere ein, dass der Verbindungsabschnitt im Vergleich zu den angrenzenden Einbuchtungen schlicht radial weiter nach innen vorsteht. Insbesondere kann der Verbindungsabschnitt eine ebene oder gewölbte Wandungsfläche definieren.

In dem vorstehend letztgenannten Fall ist der Verbindungsabschnitt somit dann beispielsweise bezogen auf die Trichterachse radial nach innen gewölbt ausgebildet. Beispielsweise ist in einem Querschnitt des Trichters ein konvex gewölbter Verbindungsabschnitt zwischen zwei konkav gewölbten Einbuchtungen vorgesehen. Hierbei kann in Umfangsrichtung ein stetiger Übergang vorgesehen sein, sodass zwischen einem radial nach innen konvex gewölbten Verbindungsabschnitt und einer konkav radial nach außen gewölbten Einbuchtungen keine Trennkante vorhanden ist.

Ein nicht gewölbter Verbindungsabschnitt kann demgegenüber im Querschnitt des Trichters entlang eines Abschnitts einer Kreislinie um die Trichterachse erstreckt ausgebildet sein und eine ebene Wandungsfläche definieren. An einem Übergang zwischen einem solchen Verbindungsabschnitt und einer angrenzenden Einbuchtung kann dann ebenfalls ein nicht-stetiger oder stetiger Übergang ausgebildet sein, wobei ein nicht-stetiger Übergang auch eine Ausbildung einer sich längs erstreckenden Trennkante einschließt. Auch eine Trennkante zwischen einem Verbindungsabschnitt und einer Einbuchtung kann dann als Zerkleinerungskante und insbesondere Rippe ausgebildet sein und dementsprechend insbesondere dazu eingerichtet und vorgesehen sein, zumindest einen Teil von in den Trichter gelangendem granulatförmigem Verarbeitungsmaterial bei sich drehender Extruderschnecke zu zerkleinern.

Ist eine Vielzahl von Einbuchtungen an der Trichterwandung des Trichters vorgesehen, kann sich in einer Ausführungsvariante ein blütenförmiger Querschnitt des Trichters ergeben.

Der Trichter kann beispielsweise über seinen Umfang verteilt, insbesondere gleichmäßig verteilt eine Anzahl n_{max} an Einbuchtungen umfassen, für die $n_{max} = U_D/(a*1,2)$ gilt, wobei n_{max} die maximale Anzahl an Einbuchtungen, U_D eine Umfanglänge des Trichters und a eine mittlere maximale äußere Abmessung eines Granulatkorns eines über die Befülleinrichtung zuzuführenden granulatförmigen Verarbeitungsmaterials sind. Indem die Einbuchtungen an dem Trichter entsprechend der vorstehenden Formel unter Berücksichtigung des zu verarbeitenden Materials verteilt vorgesehen werden, sind umfangsseitig nicht nur möglichst viele Einbuchtungen ausgebildet, sondern auch die Einbuchtungen auch problemlos mit Abmessungen gestaltbar, sodass Granulatkörner in den Einbuchtungen im Betrieb der Extrudervorrichtung gehalten und gegen eine Verlagerung aus diesen Förderräumen gesperrt sind.

Grundsätzlich können an der Trichterwandung der vorgeschlagenen Befülleinrichtung mindestens zwei Einbuchtungen vorgesehen sein. In einer Ausführungsvariante sind an der Trichterwand mindestens vier Einbuchtungen vorgesehen. Beispielsweise kann der Trichter über den Umfang verteilt 4 bis 9, insbesondere 5 bis 7 Einbuchtungen umfassen. Mit mehr drei Einbuchtungen respektive Kavitäten ist dann beispielsweise auch ein blütenförmiger Querschnitt des Trichters realisierbar.

Die vorgeschlagene Lösung umfasst ferner eine Extrudervorrichtung mit mindestens einer Extruderschnecke und mindestens einer Ausführungsvariante einer vorgeschlagenen Befülleinrichtung. Insbesondere kann die Extrudervorrichtung als 3D-Druckvorrichtung oder 3D-Drucker ausgebildet sein. Die vorgeschlagene Extrudervorrichtung ist somit insbesondere für einen additiven Fertigungsprozess vorgesehen, bei dem über das mithilfe der Extruderschnecke extrudierte Verarbeitungsmaterial additiv ein Bauteil gefertigt wird.

Die beigefügten Figuren veranschaulichen exemplarisch mögliche Ausführungsvarianten der vorgeschlagenen Lösung.

Hierbei zeigen:

Figur 1 in perspektivischer Ansicht einen Einsatz für eine Befülleinrichtung mit einer ersten Ausführungsvariante eines im Querschnitt blütenförmigen Trichters mit mehreren am Umfang einer Trichterwandung verteilten Einbuchtungen;

Figur 2 ein alternativ gestalteter Einsatz mit einem ebenfalls im Querschnitt blütenförmigen Trichter;

Figur 3 eine weitere Ausführungsvariante des Einsatzes mit einem abweichend gestalteten, im Querschnitt blütenförmigen Trichter;

Figur 4A eine Querschnittsansicht eines Trichters;

Figur 4B eine perspektivische Darstellung des Trichters der Figur 4A respektive der damit definierten Trichteröffnung und einer äußeren Mantelfläche;

Figur 4C in vergrößertem Maßstab ein Ausschnitt der Querschnittsansicht der Figur 4A;

Figuren 5A-5C ausschnittsweise und schematisch Längsschnitte durch die Trichteröffnung zur Veranschaulichung unterschiedlicher Trichteröffnungsgeometrien;

Figuren 6A-6C unterschiedliche Querschnitte für Ausführungsvarianten eines vorgeschlagenen Trichters mit und ohne Trennkanten zwischen zwei benachbarten und insbesondere aneinander angrenzenden Einbuchtungen;

Figur 7A ein Längsschnitt mit einer in die Trichteröffnung des Trichters angeordneten Extruderschnecke;

Figur 7B in mit der Figur 7A übereinstimmender Ansicht ein abweichende gestalteter Trichter mit einer sich konisch verjüngenden Extruderschnecke;

Figur 8 in perspektivischer Ansicht exemplarisch ein Granulatkorn eines mit der vorgeschlagenen Lösung zu verarbeitenden thermoplastischen Kunststoffmaterials;

Figur 9 eine vorgeschlagene Ausführungsvariante einer Befülleinrichtung, in der ein Einsatz gemäß den Figuren 1, 2 und 3 sowie ein Trichter gemäß der Figuren 4A bis 7B zum Einsatz kommt.

In der Figur 9 wird eine Ausführungsvariante einer vorgeschlagenen Extrudervorrichtung in Form eines vertikalen Extruders 1 gezeigt. Dabei ist der vertikale Extruder 1 mit einer Extruderschnecke 2 nur in seinem oberen Bereich zu sehen. Der Extruder 1 ist mit einer Befülleinrichtung B mit einem Materialreservoir in Form eines Bunkers 3 verbunden. Der Bunker 3 ist an seinem, der Extruderschnecke 2 zugewandtem Ende mit einer Zuführrampe 4 versehen, welche dem störungsfreien Nachrieseln von granulatförmigem Verarbeitungsmaterial dient. Die Zuführrampe 4 ist eine kompakte Einheit, welche im oberen Bereich mit einer Bunkerwand 301 verbunden ist.

Ein (Einfüll-) Trichter 5 liegt direkt an der Extruderschnecke 2 an, wobei das granulatförmige Verarbeitungsmaterial unter der Wirkung der Schwerkraft von der Zuführrampe 4 in den Trichter 5 befördert wird. Zwischen der Zuführrampe 4 und dem Trichter 5 befindet sich eine Öffnung 80 in der Bunkerwand 301, wobei die Zuführrampe 4 eine obere Begrenzung für die Öffnung 80 darstellt. Ein oberer Rand 501 des Trichters 5 geht in einen waagerecht verlaufenden Zuführbereich 6 über, welcher sich in seiner Länge bis zur äußeren Bunkerwand 301 erstreckt. Dieser waagerecht verlaufende Zuführbereich 6 ist die untere Begrenzung für die Öffnung 80.

Die Öffnung 80 dient der Aufnahme einer Zuführeinrichtung 8 und ist entsprechend der Größe der Zuführeinrichtung 8 dimensioniert. Die Zuführeinrichtung 8 weist einen pneumatisch, hydraulisch, mechanisch oder elektrisch angetriebenen Hubzylinder 801, eine Verbindungsstange 802 und einen Schieber 803 auf. Der Schieber 803 wird über den waagerecht verlaufenden Zuführbereich 6 entlang einer Verstellrichtung V in Richtung eines Einfüllbereichs des Extruders 1 geführt. An seiner, dem Extruderinneren zugewandten Seite besitzt der Schieber 803 eine geneigte Fläche 803a, welche dem Winkel der Zuführrampe 4 folgt. Diese Fläche 803a geht in eine Rammfläche 803b über, welche senkrecht und parallel zu der Bunkerwand 301 verläuft. Die Rammfläche 803b ist mindestens so groß, dass sie der Größe des zu verarbeitenden Granulats entspricht.

Bei Schneckenextrudern kleiner Baugröße kann sich das nachrieselnde Granulat im Zusammenhang mit dem zurück auf die Zuführrampe 4 gedrückten Granulat verdichten und bildet so eine Wand W aus Pulver, welche die Zufuhr neuen Granulats zur Extruderschnecke 2 verhindert. Durch die Zuführeinrichtung 8 wird verhindert, dass das

Granulat bei Vorschub des Schiebers 803 zurück auf die Zuführrampe 4 gedrückt wird. Der Hub des Hubzylinders 801 ist derart dimensioniert, dass Granulat im eingefahrenen Zustand senkrecht aus dem Bunker 3 fallen kann. Die Hublänge des Zylinders 801 entspricht, bezogen auf den eingefahrenen Zustand des Hubzylinders 801, der Entfernung zwischen dem oberen Rand 501 des Trichters 5 und der senkrechten Rammfläche 803b des Schiebers 8. Die Zuführeinrichtung 8 durchstößt im Weg befindliche Blockaden der Wand W und nachrieselndes Granulat wird aktiv in den Trichter 5 befördert.

Die Zuführeinrichtung 8 fördert somit im Betrieb des Extruders 1 die unter Wirkung der Extruderschnecke 2 entgegen einer Zuführrichtung ZR an dem Trichter 5 zurückgeführtes Verarbeitungsmaterial wieder zusammen mit aus dem Bunker 3 nachrieselnden Verarbeitungsmaterial in Richtung der Extruderschnecke 2. Hierbei wird an dem Trichter 5 unter Wirkung der sich drehenden Extruderschnecke 2 zurückgeführtes Verarbeitungsmaterials mit aus dem Bunker 3 zusätzlich zugeführtem Verarbeitungsmaterial vermengt. Derart ist eine geringere Verdichtung des Verarbeitungsmaterials über die Extruderschnecke 2 notwendig und die Extruderschnecke 2 kann kürzer ausgeführt werden.

In der Befülleinrichtung B der Figur 9 ist der Trichter 5 mit einer Vielzahl von Einbuchtungen 51.2 an einer Trichterwandung 51 ausgebildet. Die umfangseitig umlaufende mit den Einbuchtungen 51.2 versehene Trichterwandung 51 definiert dabei einen minimalen Öffnungsquerschnitt für eine Trichteröffnung, durch die sich die Extruderschnecke 2 entlang der Trichterachse T von einem oberen Trichterende zu einem unteren Trichterende erstreckt. Der Trichter 5 kann hierbei an einem auswechselbaren Einsatz ausgebildet sein, zu dem in den Figuren 1, 2 und 3 exemplarisch unterschiedliche Varianten veranschaulicht sind.

Bei dem Einsatz E der Figur 1 weist die Trichterwandung 51 umfangsseitig sechs gleichmäßig verteilt, axial erstreckte Einbuchtungen 51.2 auf. Die axial erstreckten Einbuchtungen 51.2 sind jeweils radial nach außen gewölbt und somit als im Querschnitt konkave Rücksprünge an der Trichterwandung 51 ausgebildet. Jede Einbuchtung 51.2 weist dabei eine halbkreisförmige Querschnittsfläche derart auf, dass eine Wölbung einer Einbuchtung 51.2 jeweils eine Kontur ausbildet, die einer Halbkreislinie folgt und symmetrisch zu einer radial bezüglich der Trichterachse T verlaufenden Geraden verläuft. Jede Einbuchtung 51.2 ist dabei sich zum einem Trichterende 512 des Trichters 5 radial verjüngend ausgebildet. Vorliegend nimmt damit über die Längserstreckung der

jeweiligen Einbuchtung 51.2 betrachtet eine radiale Tiefe eine Einbuchtung 51.2 mit zunehmender axialer Erstreckung entlang der Trichterachse T kontinuierlich ab. Ferner ist ein in Umfangsrichtung gemessener Durchmesser und damit eine Breite jeder Einbuchtungen 51.2 nur um maximal 20% größer als eine maximale Abmessung eines Granulatkorns des mit der Befülleinrichtung B an die Extruderschnecke 2 zu führenden granulatförmigen Verarbeitungsmaterials. Am oberen Ende des Trichters 5 ist eine Breite respektive ein Durchmesser einer Einbuchtungen 51.2 folglich so bemessen, dass ein Granulatkorn von oben noch in die jeweilige Einbuchtung 51.2 fallen kann. An einem oberen Trichterende kann somit ein einzelnes Granulatkorn in eine mit einer Einbuchtungen 51.2 definierte Kavität gelangen. Ferner ist der Trichter 5 mit seinen Einbuchtungen 51.2 derart dimensioniert, dass ein Granulatkorn nicht mehre ohne weiteres (d.h., zerstörungsfrei und damit ohne zerkleinert worden zu sein) wieder aus einer Einbuchtung 51.2 heraus gelangen kann. Die Granulatkörner werden somit in mehreren definierten und auf die (mittleren) Abmessungen der Granulatkörner abgestimmte Förderräume gehalten und gegen eine Verlagerung aus diesen Förderräumen gesperrt, die jeweils radial außen von einer Einbuchtung 51.2 und radial innen von der Extruderschnecke 2 berandet sind. Derart wird unter Drehung der Extruderschnecke 2 ein einzelnes Granulatkorn zu einer axialen Bewegung entlang des Trichters 5 nach unten gezwungen.

Zur Vermeidung scharfer Trenn- und Scherkanten an der Trichterwandung 51 ist bei der Ausführungsvariante der Figur 1 ein Übergang zwischen benachbarten Einbuchtungen 51.2 durch radial nach innen konvex gewölbte Verbindungsabschnitte 51.2 vorgesehen. Bei der in der Figur 1 dargestellten Trichtergeometrie gehen somit Einbuchtungen 51.2 und Verbindungsabschnitte 51.1 stetig entlang einer geschwungenen Umfangslinie ineinander über. Die konvex radial nach innen gewölbten Verbindungsabschnitte 51.1 sind dabei derart dimensioniert, dass in einen sich ergebenden Spalt zwischen einem Verbindungsabschnitt 51.1 und einer in die Trichteröffnung des Trichters 5 drehenden Extruderschnecke 2 kein Granulatkorn des zu verarbeitenden Verarbeitungsmaterials passt. Ein Spalt zwischen einem Verbindungsabschnitt 51.1 und der Extruderschnecke 2 ist somit derart klein dimensioniert, dass kein Granulatkorn in diesen Spalt passt.

Bei der Ausführungsvariante der Figur 2 ist der Einsatz E mit dem Trichter 5 abweichend gestaltet. Hier grenzen die Einbuchtungen 51.2 jeweils unmittelbar aneinander an und sind paarweise durch eine sich längs der Trichterachse T erstreckende Trennkannte 511 voneinander separiert. Diese Trennkannte 511 wirkt innerhalb des Trichters 5 als Zerkleinerungskante und kann als axial erstreckte scharfkantige Rippe ausgebildet sein,

an der unter Wirkung der sich drehenden Extruderschnecke 2 ein Granulat zertrümmert und damit zerkleinert wird. Ferner ist bei dem Einsatz der Figur 2 die Anzahl der umfangsseitig gleichmäßig verteilt angeordneten Einbuchtungen 51.2 gegenüber der Ausführungsvariante der Figur 1 deutlich erhöht. So sind hier mehr als fünfzehn Einbuchtungen 51.2 vorgesehen.

Darüber hinaus ist die Fläche des Zuführbereichs 6 gegenüber der Variante der Figur 1 erweitert. So erstreckt sich der Zuführbereich 6 in der Ausführungsvariante der Figur 2 mit Zuführrandabschnitten 6A, 6B über einen größeren Umfangsbereich am oberen Ende des Trichters 5. Analog zu der Ausführungsvariante der Figur 1 ist hierbei aber auch der Zuführbereich 6 der Figur 2 so gestaltet, dass der Zuführbereich 6 (in der Draufsicht) seitlich jeweils im Bereich einer Einbuchtung 51.2 endet.

Dies ist auch bei der Ausführungsvariante der Figur 3 umgesetzt. Hierfür sind an einem seitlichen in den Trichter 5 mündenden Rand des Zuführbereichs 6 noch zusätzliche geneigt verlaufende Rampen R1 und R2 ausgebildet. Die Anzahl der Einbuchtungen 51.2 im Trichter 5 der Figur 3 ist dabei gegenüber der Ausführungsvariante der Figur 2 geringfügig reduziert.

Im Unterschied zu der Ausführungsvariante der Figuren 1 und 2 sind die längserstreckten Einbuchtungen 51.2 der Ausführungsvariante der Figur 3 zusätzlich axial verjüngend ausgeführt. Ein Endabschnitt jeder Einbuchtungen 51.2 läuft somit in Richtung des unteren Trichterendes 512 spitz zu. Dabei sind aber auch die Einbuchtungen 51.2 der Ausführungsvariante der Figur 3 weiterhin radial verjüngend ausgebildet, sodass eine radiale Tiefe jeder Einbuchtungen 51.2 in Richtung des unteren Trichterendes 512 kontinuierlich abnimmt.

Die Figuren 4A, 4B und 4C veranschaulichen geometrische Parameter für die Gestaltung eines Trichters 5. So zeigt die Figur 4A in Draufsicht einen Querschnitt durch einen Trichter 5 mit über den Umfang verteilt angeordneten Einbuchtungen 51.2 zwischen denen sich jeweils konvex gewölbte Verbindungsabschnitte 51.1 nach Art von Auswölbungen erstrecken. Die Einbuchtungen 51.2 und Verbindungsabschnitte 51.1 gehen dabei an der Trichterwand 51 entsprechend einer geometrisch stetigen Funktion ineinander über.

Dabei läuft der Trichter 5 entsprechend der perspektivischen Darstellung der Figur 4B nach unten zum Trichterende 512 hin bezüglich einer äußeren Umfangslinie 51B, die die

radial äußersten Bereiche der Einbuchtungen 512 tangiert, konisch zu. Während ein Durchmesser der äußeren Umfangslinie 51B entlang der Trichterachse T zum unteren Trichterende 512 hin also kontinuierlich abnimmt (aufgrund der radialen Verjüngung der einzelnen Einbuchtungen 51.2), bleibt aber ein Durchmesser einer inneren Umfangslinie 51A, die die radial innersten Bereiche der Trichterwandung 51 tangiert, entlang der Trichterachse T unverändert. Ein minimaler Öffnungsquerschnitt für die Extruderschnecke 2 entlang der Trichterachse T bleibt somit stets gleich.

Der Durchmesser der inneren Umfangslinie 51A ist in der Figur 4C mit D_2 bezeichnet. Dieser Durchmesser D_2 entspricht der Summe aus einem Durchmesser D_3 der Extruderschnecke 2 und einem definierten Spaltmaß in Form eines radialen Abstands s zwischen der Extruderschnecke 2 und den umlaufenden, radial nach innen gewölbten Verbindungsabschnitten 51.1 respektive den damit im Querschnitt definierten radial nach innen weisenden konvexen Auswölbung der Trichterwandung 51. Dieser radiale Abstand s ist, wie vorstehend bereits erläutert, kleiner als eine minimale Abmessung eines Granulatkorns, das hierdurch nicht unzerkleinert in einen Spalt zwischen der Extruderschnecke 2 und einer Auswölbung 51.1 passt. Weist ein Granulatkorn G beispielsweise entsprechend der Figur 8 eine Höhe H und einen Durchmesser D_4 auf, gilt somit $s < D_4$ und $s < H$.

Bei der anhand der Figur 4C veranschaulichen Ausführungsvariante sind die einzelnen Einbuchtungen 51.2 im Querschnitt einer Halbkreislinie folgend ausgeführt, sodass jede Einbuchtung 51.2 eine halbkreisförmige Querschnittsfläche umschreibt. Ein (entlang der Trichterachse T variierender) Durchmesser d_1 des entsprechenden Halbkreises definiert folglich eine radiale Tiefe einer jeden Einbuchtungen 51.1. Die Mittelpunkte der einzelnen Halbkreise der Einbuchtungen 51.1 liegen auf einer Umfangslinie mit dem Durchmesser D_1 (mit $D_1 > D_2$). Der Durchmesser der äußeren Umfangslinie 51B ist folglich dann durch $D_1 + d_1/2$ gegeben. Am oberen Ende des Trichters 5 ist der Durchmesser d_1 so bemessen, dass ein Granulatkorn G entsprechend der Figur 8 von oben in die jeweilige Einbuchtung 51.2 fallen kann. Hier soll also beispielsweise $d_1 \geq D_4$ respektive $d_1 \geq H$ gelten. Eine maximale Anzahl n_{max} der am Trichter 5 ausgebildeten und über den Umfang gleichmäßig verteilten Einbuchtungen 51.1 erfüllt dabei die Restriktion $n_{max} = U_D/(a*1,2)$, wobei U_D eine Umfanglänge des Trichters 5 entlang der Umfangslinie 51A darstellt und a eine mittlere maximale äußere Abmessung eines Granulatkorns G eines über die Befülleinrichtung zuzuführenden granulatförmigen Verarbeitungsmaterials ist. So entspricht dann a beispielsweise für dem Maximum der beiden Werten D_4 und H.

Mit der äußeren Umfangslinie 51B verjüngt sich auch eine äußere Mantelfläche der Trichterwandung 51. Die Mantelfläche ergibt sich damit als lineare Flächeninterpolation aus der Anordnung der im Querschnitt jeweils halbkreisförmigen Einbuchtungen 51.1 respektive damit gebildeten Rücksprüngen einschließlich der dazwischenliegenden Übergänge zu den Auswölbungen 51.1 zu einem Kreis, der sich durch den Außendurchmesser D_3 eines Schneckenblattes der Extruderschnecke 2 ergibt.

Die äußere Umfangslinie 51B kann entlang der Trichterachse T und hierbei entlang einer Erstreckungs- oder Förderrichtung -z entsprechend dem Längsschnitt der Figur 5A in Richtung des unteren Trichterendes 512 konisch zu laufen. Ein äußerer Durchmesser des Trichters 5 ist somit linear abnehmend und damit einer Funktion erster Ordnung folgend abnehmend ausgeführt. Dies ist aber nicht zwingend. Beispielsweise ist auch ein Verlauf entsprechend einer Kurve mindestens zweiter Ordnung entsprechend der Figur 5B möglich.

Eine radiale Verjüngung der Einbuchtungen 51.2 hat sich zwar gerade beispielsweise mit Blick auf granulatförmiges Verarbeitungsmaterial aus oder mit vergleichsweise zähen Thermoplasten als vorteilhaft erwiesen. Bei anderen Verarbeitungsmaterialien kann aber auch von Vorteil sein, wenn sich die Einbuchtungen 51.2 entlang der Trichterachse T nicht radial verjüngen. Hier bleibt dann eine äußere Umfangslinie 51B im Längsschnitt entsprechend der Figur 5C in ihrem Durchmesser unverändert.

Anhand der Querschnittsansichten der Figuren 6A, 6B und 6C sind nochmals unterschiedliche Gestaltungen der Trichterwand 51 und insbesondere der Bereiche zwischen zwei benachbarten Einbuchtungen 51.2 veranschaulicht.

Bei der Ausführungsvariante der Figur 6A erstreckt sich zwischen zwei Einbuchtungen 51.2 jeweils eine axial verlaufende Trennkante 511. In der Querschnittsansicht liegen die Trennkanten 511 auf einer Kreislinie mit dem Durchmesser D_2 der Figur 4C. Die Trennkanten 511 wirken als Zerkleinerungskante und können insbesondere als radial in Richtung der Extruderschnecke 2 vorstehende Rippen ausgebildet sein, an denen granulatförmiges Verarbeitungsmaterial zerkleinert wird, wenn sich der Extruderschnecke 2 im Betrieb der Extrudervorrichtung um die Trichterachse T dreht.

Bei der Ausführungsvariante der Figur 6B sind zwischen benachbarten Einbuchtungen 51.2 Verbindungsabschnitte 51.3 jeweils mit ebener Wandungsfläche ausgebildet. Am Übergang von einem Verbindungsabschnitt 51.3 zu einer benachbarten Einbuchtungen

51.2 ist vorliegend ein unsteter Übergang vorgesehen, sodass zwischen einem Verbindungsabschnitt 51.3 und einer angrenzenden Einbuchtung 51.2 jeweils ebenfalls eine Trennkante 511 ausgebildet ist.

Den Varianten der Figuren 6A und 6B mit Trennkanten 511 ist die Ausführungsvariante der Figur 6C gegenübergestellt, bei der die Einbuchtungen 51.2 jeweils stetig und damit trennkantenfrei in konvex gewölbte Auswölbungen 51.1 und damit radial nach innen gewölbte Verbindungsabschnitte 51.1 übergehen.

Bei sich radial verjüngenden Einbuchtungen 51.2 kann, wie vorstehend bereits erläutert, ein Durchmesser der inneren Umfangslinie 51A entlang der Trichterachse T gleich bleiben. Im Längsschnitt entsprechend der Figur 7A bleibt somit auch ein Durchmesser D_3 der Extruderschnecke 2 stets unverändert. Demgegenüber ist aber auch eine Ausführungsvariante möglich, bei der sich ein Durchmesser D_3 entlang der Trichterachse T kontinuierlich reduziert. Die Trichteröffnung verläuft somit in z-Richtung konisch zu. Dementsprechend hat dann auch die Extruderschnecke 2 im Längsschnitt der Figur 7B einen konischen Verlauf.

Das einfallende granulatförmige Material G fällt bei allen Ausführungsvarianten problemlos in den Trichter 5 und wird von der Extruderschnecke 2 weiter befördert. Durch die mit Einbuchtungen 51.2 ausgebildete Trichter(innen)wandung 51 in dem Trichter 5 wird zum einen verhindert, dass sich das zugeführte Verarbeitungsmaterial am Rand der Extruderschnecke 2 nur in Umfangsrichtung, also nur mit der Drehung der Extruderschnecke 2, bewegt und nicht nach unten gefördert wird. Sobald am Rand der Extruderschnecke 2 befindliche Körner des granulatförmigen Verarbeitungsmaterials auf die Trichterwandung 51 treffen, wird durch die Blockierung der Bewegung in Umfangsrichtung eine Bewegung in axialer Richtung hervorgerufen. Durch den gleichzeitig sehr kleinen Zwischenraum zwischen Schneckenwelle und Schneckenblatt der Extruderschnecke 2 kann das Verarbeitungsmaterial nicht im Ganzen weiter gefördert werden und wird an der Trichterinnenwandung 51, gegebenenfalls zusätzlich an Trennkanten 511 zerkleinert, axial entlang der Trichterachse T nach unten gefördert. Die Härte der Schneckenwelle der Extruderschnecke 2 und der Trichterwandung 51 ist dabei typsicher größer als die Härte des zu verarbeitenden Verarbeitungsmaterials.

Es konnte beobachtet werden, dass unter Verwendung des vorgeschlagenen Trichters 5 ohne thermische Einwirkung eine verbesserte Verdichtung und Homogenisierung des zu fördernden Verarbeitungsmaterials auftritt, die gegenüber konventionellen

Trichterlösungen deutlich verbessert ist, insbesondere bei Zuführung vergleichsweiser zäher thermoplastischer Materialien. Es lassen sich gegenüber konventionellen Trichterlösungen nachweislich gleichmäßigere Extrusionsbilder realisieren. Die Kompressionszone und eine entlang einer Trichterlängsachse T nachfolgende Ausstoßzone können hierbei weiterhin deutlich verkürzt ausgebildet sein, sodass der Extruder 1 sehr kompakt bleibt und ein Längen-Durchmesserverhältnis von 1:10 bis 1:3 erreicht werden kann.

Bezugszeichenliste

1	Extruder
2	Extruderschnecke
3	Bunker (Materialreservoir)
301	Bunkerwand
4	Zuführrampe
5	Trichter
501	oberer Rand des Trichters
51	Trichterwandung
51.1	Auswölbung (gewölbter Verbindungsabschnitt)
51.2	Einbuchtung
51.3	Planer/ebener Verbindungsabschnitt
511	Zerkleinerungs-/Trennkante
512	Trichterende
51A	Innere Umfangslinie
51B	Äußere Umfangslinie/Mantelfläche
6	waagerecht verlaufender Zuführbereich
6A, 6B	Zuführrandabschnit
7	Öffnung
8	Zuführeinrichtung
80	Öffnung
801	Hubzylinder
802	Verbindungsstange
803	Schieber
803a	geneigte Fläche
803b	Rammfläche
B	Befülleinrichtung
D_1-D_4, d_1	Durchmesser
E	Einsatz
G	Granulat (Verarbeitungsmaterial)
H	Höhe
R1, R2	Seitliche Rampe
s	Abstand
T	Trichterachse
V	Verstellrichtung
W	Wand

ZR	Zuführrichtung
-z	Längserstreckungsrichtung/Förderrichtung

Ansprüche

1. Befülleinrichtung für die Zuführung von Verarbeitungsmaterial (G) an mindestens eine Extruderschnecke (2), mit einem Trichter (5), der eingerichtet ist, das Verarbeitungsmaterial (G) entlang einer Zuführrichtung (ZR) an die Extruderschnecke (2) zu leiten und sich entlang einer Trichterachse (T) erstreckt, die im bestimmungsgemäß montierten Zustand der Befülleinrichtung (B) parallel zu einer Längsachse der Extruderschnecke (2) verläuft,

   dadurch gekennzeichnet, dass

   der Trichter (5) an einer sich um die Trichterachse (T) erstreckenden Trichterwandung (51) mehrere jeweils sich, bezogen auf die Trichterachse (T), axial erstreckende Einbuchtungen (51.2) aufweist.

2. Befülleinrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Einbuchtungen (51.2) entlang einer Umfangslinie (51A) um die Trichterachse (T) aufeinanderfolgend angeordnet sind.

3. Befülleinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Einbuchtungen (51.2) im Querschnitt, bezogen auf die Trichterachse (T), radial nach außen gewölbt ausgebildet sind.

4. Befülleinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass zumindest eine der Einbuchtungen (51.2) sich radial verjüngend ausgebildet ist.

5. Befülleinrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet,** dass alle Einbuchtungen (51.2) sich jeweils radial verjüngend ausgebildet sind.

6. Befülleinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass zumindest eine der Einbuchtungen (51.2) sich axial verjüngend ausgebildet ist.

7. Befülleinrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet,** dass alle Einbuchtungen (51.2) sich jeweils axial verjüngend ausgebildet sind.

8. Befülleinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass die mit den Einbuchtungen (51.2) ausgebildete

Trichterwandung (51) im Querschnitt eine innere Umfangslinie (51A) und eine äußere Umfangslinie (51B) definiert, wobei die innere Umfangslinie (51A) radial innerste Bereiche der Trichterwandung (51) tangiert und einen minimalen Öffnungsquerschnitt einer für die Extruderschnecke (2) vorgesehenen Trichteröffnung des Trichters (5) umschreibt und wobei die äußere Umfangslinie (51B) die radial äußersten Bereiche der Einbuchtungen (51.2) tangiert.

9. Befülleinrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet,** dass sich die Trichteröffnung entlang der Trichterachse (T) verjüngt, so dass der minimale Öffnungsquerschnitt entlang der Trichterachse (T) abnimmt.

10. Befülleinrichtung nach den Ansprüchen 5 und 8, **dadurch gekennzeichnet,** dass, mit den sich radial verjüngenden Einbuchtungen (51.2), ein Durchmesser (D_1+d_1/2) der äußeren Umfangslinie (51B) entlang der Trichterachse (T) unter Beibehaltung des minimalen Öffnungsquerschnitts entlang der Trichterachse (T) abnimmt.

11. Befülleinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass zwei Einbuchtungen (51.2) entlang einer Umfangslinie (51A) um die Trichterachse (T) aneinander angrenzen.

12. Befülleinrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet,** dass zwischen zwei aneinander angrenzenden Einbuchtungen (51.2) eine sich längs erstreckende Trennkante (511) ausgebildet ist.

13. Befülleinrichtung nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet,** dass alle Einbuchtungen (51.2) jeweils paarweise entlang der Umfangslinie (51A) um die Trichterachse (T) aneinander angrenzen.

14. Befülleinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet,** dass zwischen zwei Einbuchtungen (51.2) entlang einer Umfangslinie (51A) um die Trichterachse (T) ein Verbindungsabschnitt (51.1, 51.3) ausgebildet ist.

15. Befülleinrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Verbindungsabschnitt (51.2), bezogen auf die Trichterachse (T), radial nach innen gewölbt ausgebildet ist.

16. Befülleinrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet,** dass sich der Verbindungsabschnitt (51.3) im Querschnitt entlang eines Abschnitts einer Kreislinie um die Trichterachse (T) erstreckt und eine ebene Wandungsfläche definiert.

17. Befülleinrichtung nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet,** dass an einem Übergang zwischen einem Verbindungsabschnitt (51.3) und einer angrenzenden Einbuchtung (51.2) eine sich längs erstreckende Trennkante (511) ausgebildet ist.

18. Befülleinrichtung nach Anspruch 12 oder 17, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Trennkante (511) dazu eingerichtet und vorgesehen ist, dass an der Trennkante (511) zumindest ein Teil von in den Trichter (5) gelangendem granulatförmigem Verarbeitungsmaterial (G) bei sich drehender Extruderschnecke (2) zerkleinert wird.

19. Befülleinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Trichter (5) mit den Einbuchtungen (51.2) einen blütenförmigen Querschnitt aufweist.

20. Befülleinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Trichter (5) über den Umfang verteilt eine Anzahl n_{max} an Einbuchtungen (51.2) umfasst, für die $n_{max} = U_D/(a*1,2)$ gilt, wobei n_{max} die maximale Anzahl an Einbuchtungen (51.2), U_D eine Umfanglänge des Trichters (5) und a eine mittlere maximale äußere Abmessung (D_4, H) eines Granulatkorns (G) eines über die Befülleinrichtung (B) zuzuführenden granulatförmigen Verarbeitungsmaterials sind.

21. Befülleinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Trichter (5) über den Umfang verteilt 4 bis 9, insbesondere 5 bis 7 Einbuchtungen (51.2) umfasst.

22. Extrudervorrichtung, mit mindestens einer Extruderschnecke (2) und mindestens einer Befülleinrichtung (B) nach einem der Ansprüche 1 bis 21.

23. 3D-Druckvorrichtung mit mindestens einer Befülleinrichtung (B) nach einem der Ansprüche 1 bis 21.

* * * * *

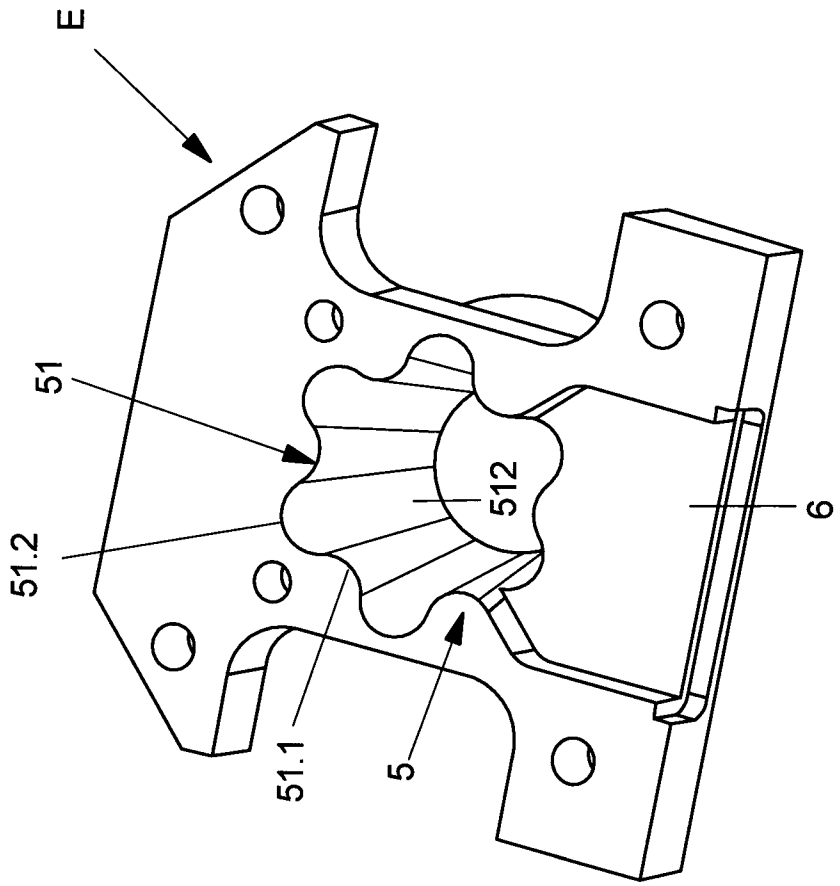


FIG 1

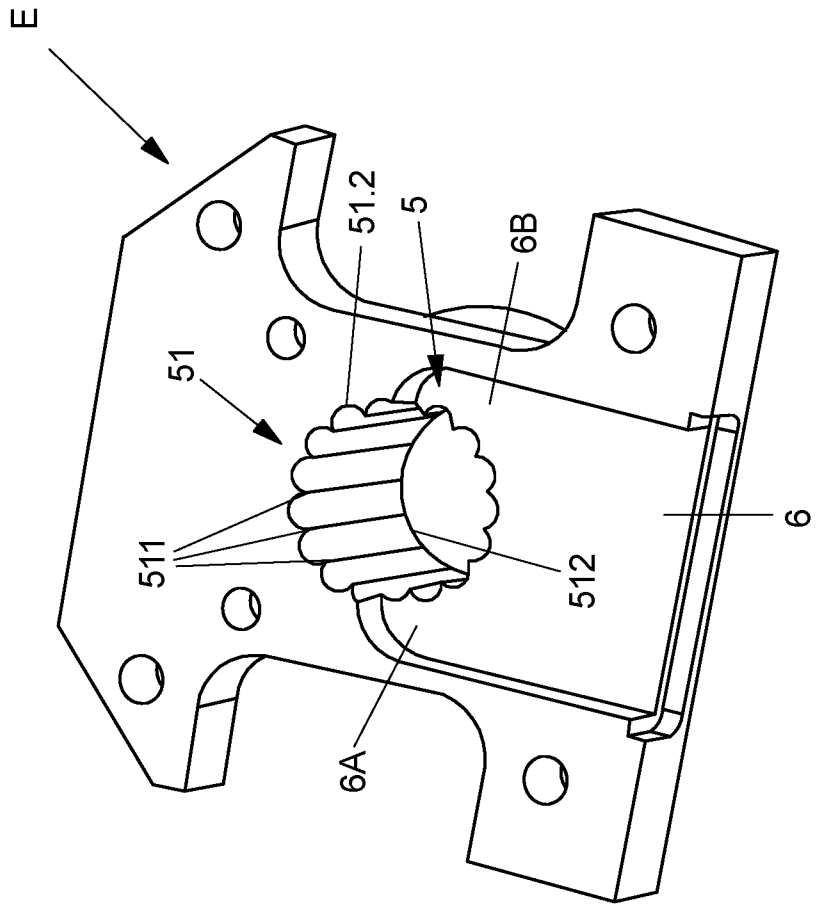


FIG 2

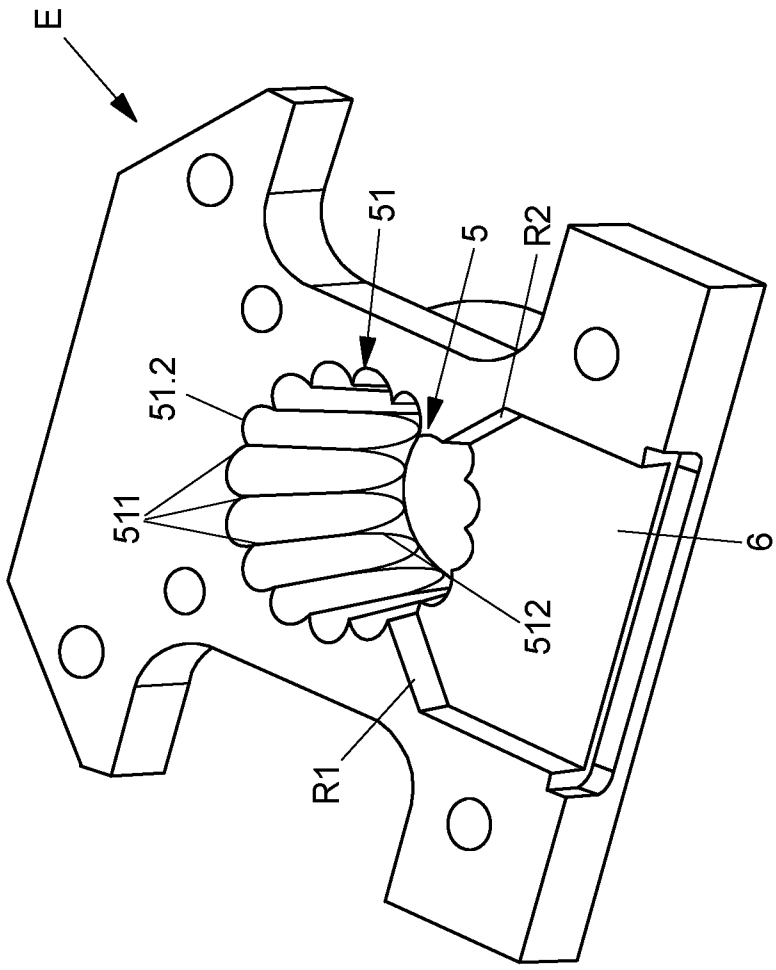


FIG 3

FIG 4B

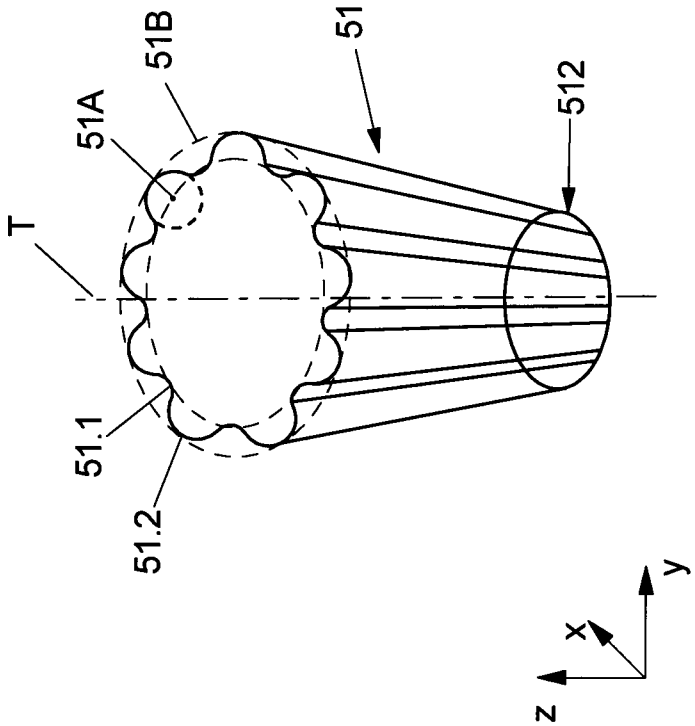


FIG 4A

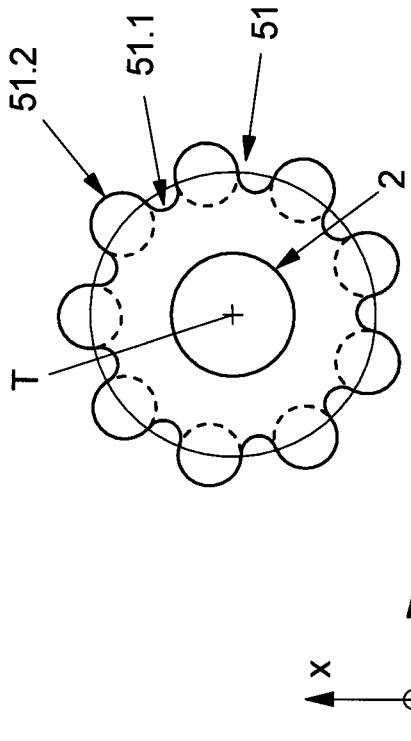


FIG 4C

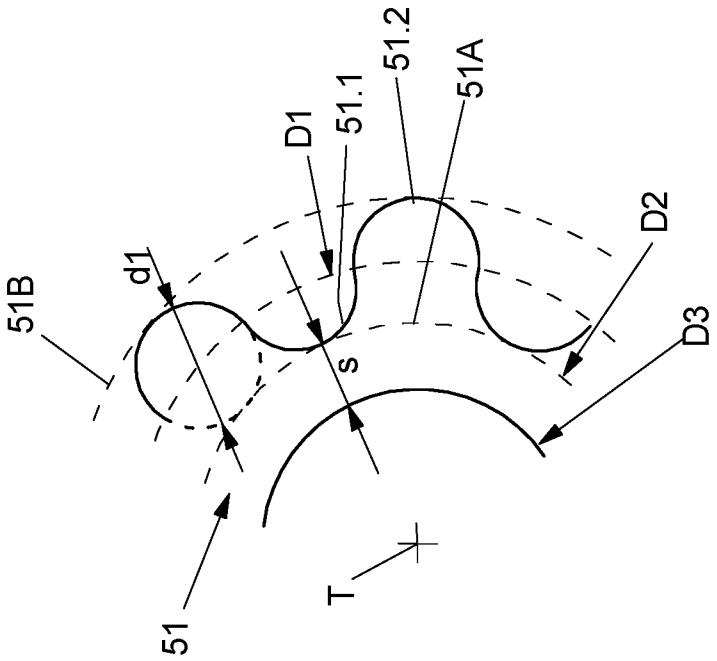


FIG 5C

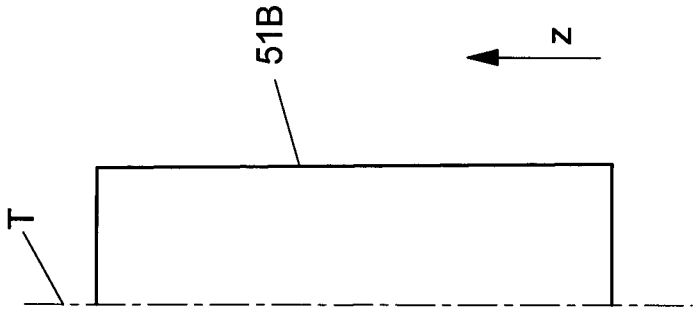


FIG 5B

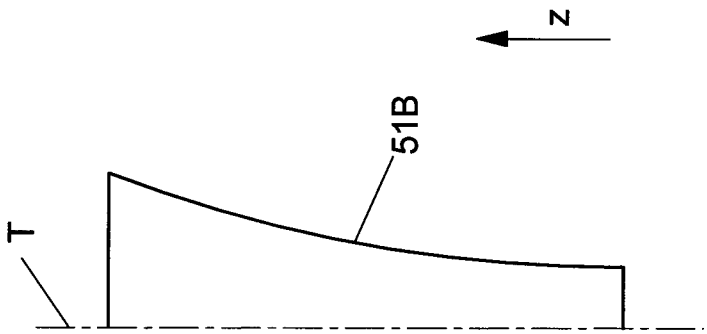


FIG 5A

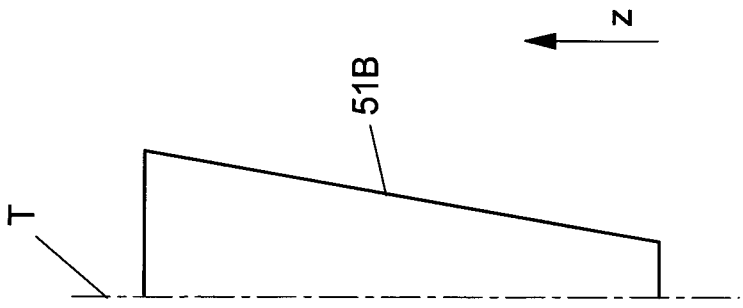


FIG 6C

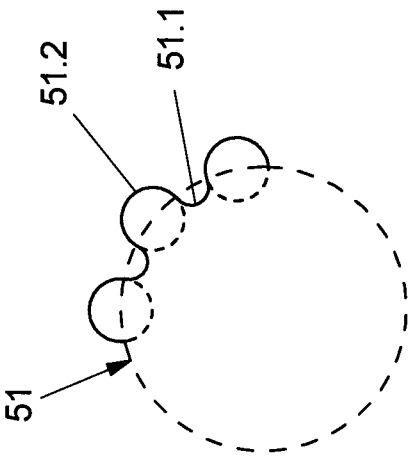


FIG 6B

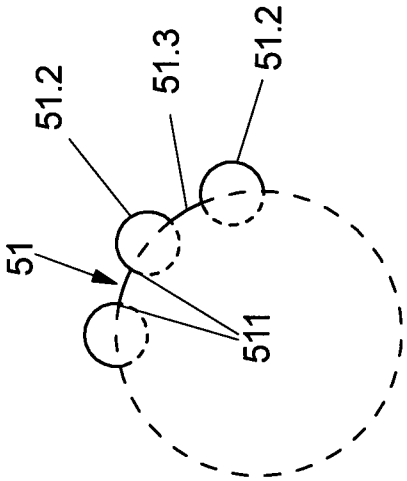


FIG 6A

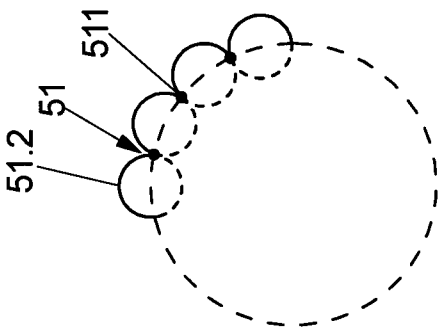


FIG 7B

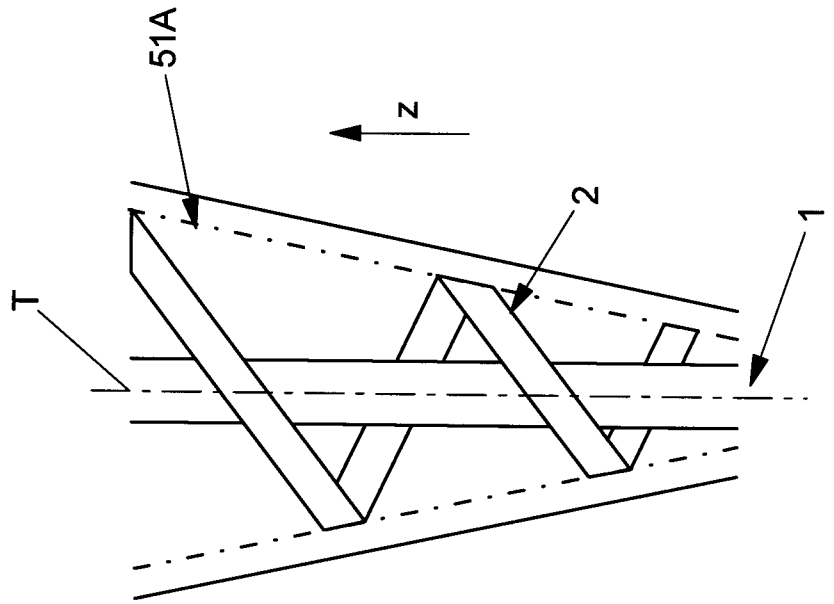


FIG 7A

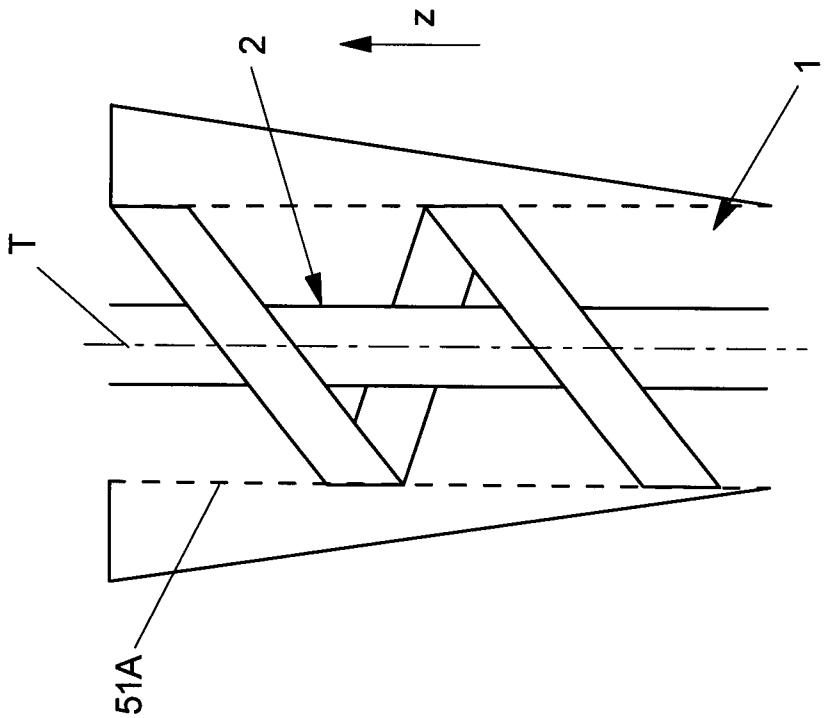


FIG 8

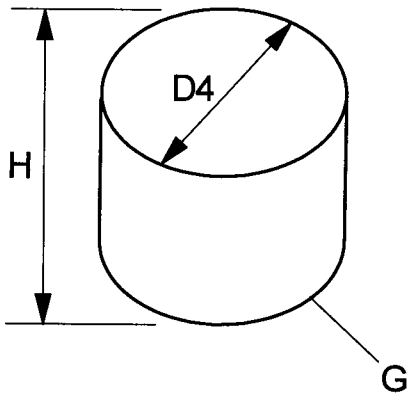
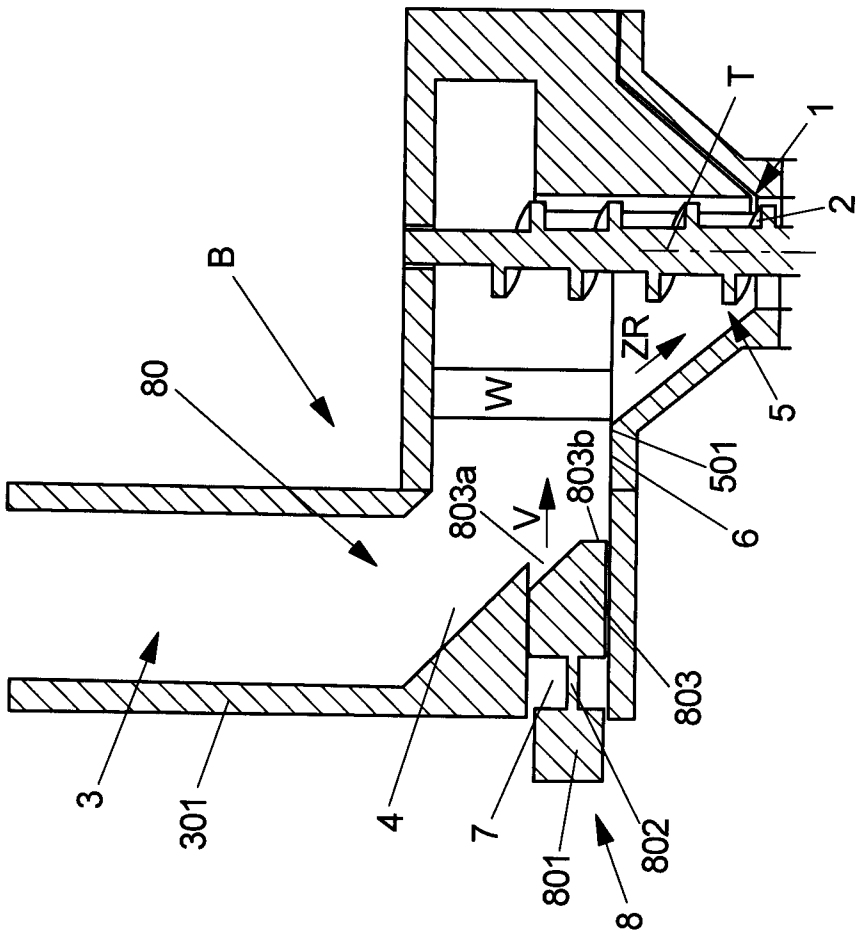


FIG 9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2022/068074

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B29C 48/255(2019.01)i; ***B29C 48/285***(2019.01)i; ***B29C 48/685***(2019.01)i; ***B29C 48/25***(2019.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B29C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 3645659 A (SCHOTT CHARLES M JR) 29 February 1972 (1972-02-29)	1,2,4,5,8,12-14,17-19,21,22
Y	figures 1-3	20,23
X	DE 3525554 A1 (PARACON EXTRUDERTECHNIK [AT]) 06 February 1986 (1986-02-06)	1-8,11-19,21,22
Y	figures 1,3,4	20
X	DE 1271973 B (BARMAG BARMER MASCHFAB AG) 04 July 1968 (1968-07-04)	1-5,8-13,16-19,21,22
Y	figure 1	20,23
X	US 3559240 A (KOSINSKY EDWARD J ET AL) 02 February 1971 (1971-02-02)	1,2,12,17,21,22
Y	figure 2	20,23
Y	WO 2020173704 A1 (AIM3D GMBH [DE]) 03 September 2020 (2020-09-03) Claims 1-15 figures 1-20B	20,23

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
14 October 2022	**24 October 2022**

Name and mailing address of the ISA/EP	Authorized officer
European Patent Office **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands** Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	**Ngwa, Walters** Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2022/068074

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US 3645659 A	29 February 1972	CH 495829 A	15 September 1970
		CH 496537 A	30 September 1970
		DE 2012633 A1	01 October 1970
		DE 2012645 A1	24 September 1970
		FR 2038888 A5	08 January 1971
		FR 2038889 A5	08 January 1971
		GB 1298693 A	06 December 1972
		GB 1298694 A	06 December 1972
		JP S4933345 B1	06 September 1974
		JP S5231391 B1	15 August 1977
		US 3645659 A	29 February 1972
		US 3762313 A	02 October 1973
		US 3799510 A	26 March 1974
DE 3525554 A1	06 February 1986	AT 385234 B	10 March 1988
		DE 3525554 A1	06 February 1986
DE 1271973 B	04 July 1968	NONE	
US 3559240 A	02 February 1971	NONE	
WO 2020173704 A1	03 September 2020	CN 113490585 A	08 October 2021
		DE 102019217113 A1	03 September 2020
		EP 3930981 A1	05 January 2022
		JP 2022522190 A	14 April 2022
		US 2022143914 A1	12 May 2022
		WO 2020173704 A1	03 September 2020

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2022/068074

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. B29C48/255 B29C48/285 B29C48/685 B29C48/25
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
B29C

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 3 645 659 A (SCHOTT CHARLES M JR) 29. Februar 1972 (1972-02-29)	1,2,4,5, 8,12-14, 17-19, 21,22
Y	Abbildungen 1-3	20,23

X	DE 35 25 554 A1 (PARACON EXTRUDERTECHNIK [AT]) 6. Februar 1986 (1986-02-06)	1-8, 11-19, 21,22
Y	Abbildungen 1,3,4	20

X	DE 12 71 973 B (BARMAG BARMER MASCHFAB AG) 4. Juli 1968 (1968-07-04)	1-5, 8-13, 16-19, 21,22
Y	Abbildung 1	20,23

	-/--	

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung;; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung;; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
14. Oktober 2022	24/10/2022

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Ngwa, Walters

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2022/068074

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 3 559 240 A (KOSINSKY EDWARD J ET AL) 2. Februar 1971 (1971-02-02)	1,2,12, 17,21,22
Y	Abbildung 2 _____	20,23
Y	WO 2020/173704 A1 (AIM3D GMBH [DE]) 3. September 2020 (2020-09-03) Ansprüche 1-15 Abbildungen 1-20B _____	20,23

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2022/068074

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 3645659 A	29-02-1972	CH 495829 A	15-09-1970
		CH 496537 A	30-09-1970
		DE 2012633 A1	01-10-1970
		DE 2012645 A1	24-09-1970
		FR 2038888 A5	08-01-1971
		FR 2038889 A5	08-01-1971
		GB 1298693 A	06-12-1972
		GB 1298694 A	06-12-1972
		JP S4933345 B1	06-09-1974
		JP S5231391 B1	15-08-1977
		US 3645659 A	29-02-1972
		US 3762313 A	02-10-1973
		US 3799510 A	26-03-1974
DE 3525554 A1	06-02-1986	AT 385234 B	10-03-1988
		DE 3525554 A1	06-02-1986
DE 1271973 B	04-07-1968	KEINE	
US 3559240 A	02-02-1971	KEINE	
WO 2020173704 A1	03-09-2020	CN 113490585 A	08-10-2021
		DE 102019217113 A1	03-09-2020
		EP 3930981 A1	05-01-2022
		JP 2022522190 A	14-04-2022
		US 2022143914 A1	12-05-2022
		WO 2020173704 A1	03-09-2020