



(10) **DE 10 2017 123 721 A1** 2019.04.18

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2017 123 721.6**
(22) Anmeldetag: **12.10.2017**
(43) Offenlegungstag: **18.04.2019**

(51) Int Cl.: **B29C 45/00 (2006.01)**
B29C 45/18 (2006.01)
B29C 45/50 (2006.01)
B29C 45/76 (2006.01)
B29C 48/285 (2019.01)

(71) Anmelder:
KraussMaffei Technologies GmbH, 80997 München, DE

(74) Vertreter:
Wilhelm, Ludwig, Dipl.-Phys., 80997 München, DE

(72) Erfinder:
Moser, Stefan, 85399 Hallbergmoos, DE;
Schadhauser, Maximilian, 81927 München, DE;
Topic, Nicolina, 81245 München, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

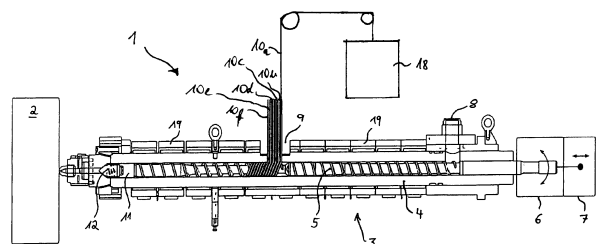
DE	42 36 662	A1
DE	10 2008 061 270	A1
DE	18 12 814	A
US	2017 / 0 001 353	A1
WO	2011/ 066 917	A2
WO	2014/ 048 666	A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung von faserverstärkten Kunststoff-Formteilen**

(57) Zusammenfassung: Beschrieben wird ein Verfahren zur Herstellung von faserverstärkten Kunststoff-Formteilen, wobei Endlosfaserstränge (10a, 10b,...) oder geschnittene Glasfaserstränge einer Plastifiziereinheit (3) zugeführt werden. Die Plastifiziereinheit (3) weist einen Zylinder (4) und in dem Zylinder (4) eine dreh- und linearantreibbare Schnecke (5) auf. Über eine erste Öffnung (8) in dem Zylinder (4) wird ein aufzuschmelzendes Kunststoffmaterial eingegeben. Förderabseitig von der ersten Öffnung (8) werden über eine zweite Öffnung (9) die Endlosfaserstränge (10a, 10b,...) oder die geschnittenen Glasfaserstränge in den Zylinder (4) eingegeben und von der Schnecke (5) durch Rotation einge-zogen. Aufgeschmolzenes und mit Fasermaterial versetztes Kunststoffmaterial wird durch einen Einspritzhub der Schnecke in ein Formwerkzeug (2) eingespritzt. Zur Verbesserung der Homogenität der Faserkonzentration in den Schnecken-gängen und somit auch im Formwerkzeug ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Schnecke (5) während der Aus-führung des Einspritzhubs drehangetrieben wird und gleich-zeitig Endlosfaserstränge oder geschnittene Glasfasersträn-ge in die Schneckengänge einge-zogen werden.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von faserverstärkten Kunststoff-Formteilen gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 1.

[0002] Die WO2011/066917A2 offenbart eine Spritzgießmaschine zur Herstellung von faserverstärkten Kunststoff-Formteilen, mit einem Zylinder und mit einer in dem Zylinder dreh- und linearantreibbaren Schnecke, wobei in dem Zylinder eine erste Öffnung als Einfüllöffnung für die Zufuhr eines aufzuschmelzenden Kunststoffmaterials vorgesehen ist, und wobei förderabseitig von der ersten Öffnung in dem Zylinder eine zweite Öffnung als Einfüllöffnung für die Zufuhr von einem oder mehreren Faserbündeln vorgesehen ist. Die Faserbündel können von einer oder mehreren Faserspulen abgezogen werden. Bei der Herstellung eines faserverstärkten Kunststoff-Formteils werden die Fasern von der Schnecke bei deren Rotation eingezogen und in die Schmelze untergemischt. Die Menge der eingezogenen Faserbündel ist von der Schneckendrehzahl und der axialen Verfahrensbewegung der Schnecke abhängig. Dabei erzeugt der Fasereinzug durch die Schneckenrotation während des Plastifizierens eine wesentlich höhere Faserkonzentration in den Schneckengängen als der Einzug durch die axiale Verfahrensbewegung bei der Ausführung des Einspritzhubs. Dies führt zu einer inhomogenen Faserkonzentration in den Schneckengängen, die wiederum in inhomogener Faserkonzentration im faserverstärkten Kunststoff-Formteil münden kann. Zudem führt eine inhomogene Faserkonzentration zu Schwankungen in der Plastifizierzeit.

[0003] Aus der WO2014/04866A1 ist eine Spritzgießmaschine zur Herstellung von faserverstärkten Kunststoff-Formteilen bekannt, bei der das Fasermaterial in Form von geschnittenen Fasern in die Plastifiziereinheit eingegeben wird. Während der Ausführung des Einspritzhubs verringert sich die Faserkonzentration in der Schmelze im Vergleich zur Phase des Plastifizierens. Dies führt zu einer inhomogenen Faserkonzentration in den Schneckengängen, die wiederum in inhomogener Faserkonzentration im faserverstärkten Kunststoff-Formteil münden kann. Zudem führt eine inhomogene Faserkonzentration zu Schwankungen in der Plastifizierzeit.

[0004] Um eine inhomogene Faserkonzentration in gewissem Maße auszugleichen, kann die eingesetzte Schneckenwelle wahlweise eine oder mehrere Mischzonen aufweisen oder sehr lang ausgeführt werden, so dass eine überproportional hohe, schneckengebundene konvektive Mischwirkung entsteht. Auch eine Kombination aus langer Schneckenwelle und Mischzone ist denkbar. Der Nachteil dieser beiden Möglichkeiten besteht in erhöhten Herstellkosten einer verlängerten Plastifiziereinheit und der verstärkten Faserlängenverkürzung die mit Mischoperationen einhergeht.

[0005] Ausgehend hiervon liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, mit welchem faserverstärkte Kunststoff-Formteile auf einer mit einer Einschnecken-Plastifiziereinheit ausgestatteten Spritzgießmaschine hergestellt werden können, wobei die spritzgegossenen Kunststoff-Formteile eine verbesserte Homogenität der Faserkonzentration und infolgedessen auch verbesserte mechanische Eigenschaften aufweisen. Eine weitere der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe liegt darin, eine höhere Prozessstabilität durch reproduzierbare Plastifizierzeiten zu erzielen.

[0006] Diese Lösung erfolgt durch ein Verfahren mit den Merkmalen von Anspruch 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterentwicklungen finden sich in den abhängigen Ansprüchen.

[0007] Dadurch, dass die Schnecke auch während der Ausführung des Einspritzhubs drehangetrieben wird, wobei Endlosfaserstränge oder geschnittene Faserstrangabschnitte in die Schneckengänge eingezogen werden, lassen sich Schwankungen in der Faserkonzentration in der Schmelze und damit auch im spritzgegossenen Kunststoff-Formteil vermeiden. Es kann auf ein distributiv wirkendes Mischteil verzichtet werden. Ein dispersiv wirkendes Mischteil kann vorgesehen sein, um gegebenenfalls auftretende Agglomerate auflösen zu können.

[0008] Außerdem kann anstelle einer Schnecke mit einer relativ langen Meteringzone zwecks Homogenisierung der Faserkonzentration für das erfindungsgemäße Verfahren eine Schnecke mit einer demgegenüber kürzer ausgebildeten Meteringzone verwendet werden, was sich in einer Reduzierung der Kosten für die Schnecke bemerkbar macht. Das gilt unabhängig davon, ob ein Mischteil vorhanden ist oder nicht.

[0009] Es ergibt sich eine verbesserte Homogenität der Faserkonzentration und infolgedessen liegen auch verbesserte mechanische Eigenschaften im Formteil vor. Zudem kann eine höhere Prozessstabilität durch reproduzierbare Plastifizierzeiten erzielt werden. Das Fasermaterial kann in Form von Endlosfasersträngen zu-

geführt werden. Es können aber auch geschnittene Faserstrangabschnitte, vorzugsweise geschnittene Glasfaserstränge, als Fasermaterial verwendet werden.

[0010] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform kann die Schneckendrehzahl während der Ausführung des Einspritzhubs derart geregelt werden, dass der Fasergehalt in den Schneckengängen konstant gehalten wird.

[0011] Dabei kann die Schneckendrehzahl vorzugsweise gemäß folgender Formel bestimmt bzw. geregelt werden:

$$n_{inj} = c \cdot \frac{v_{inj} \cdot n_{pl}}{v_{screw,back}}$$

c: Proportionalitätsfaktor, empirisch ermittelt oder aus Schneckengeometrie berechnet.

n_{inj} : Drehzahl während des Einspritzens

v_{inj} : Einspritzgeschwindigkeit

n_{pl} : Schneckendrehzahl während des Plastifizierens

[0012] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen werden, dass die Granulateindosierung während der Ausführung des Einspritzhubs und/oder während der Nachdruckphase unterbrochen wird.

[0013] Die Schneckendrehzahl (n_{inj} .) kann während eines Einspritzhubs verschiedene Werte annehmen.

[0014] Das aufzuschmelzende Kunststoffmaterial kann vorzugsweise als Granulat eingegeben werden, wobei die Eingabe des Granulats als Granulateindosierung in die erste Öffnung mit einem gravimetrisch oder volumetrisch betriebenen Granulatdosiergerät erfolgen kann.

[0015] Die Granulateindosierung kann während der Ausführung des Einspritzhubs und/oder während der Nachdruckphase unterbrochen werden.

[0016] Vorzugsweise kann der Granulatmassenstrom $\dot{m}_{Granulat}/dt$, der während des Einspritzens in die Schneckengänge eindosiert werden soll, gemäß folgender Formel bestimmt bzw. geregelt werden, d.h. für die Granulateindosierung kann folgende Formel zugrunde gelegt werden:

$$\dot{m}_{Granulat} = \frac{1 - c_{faser}}{c_{faser}} \cdot \dot{m}_{faser}$$

c_{faser} : Gewünschter Fasergehalt im Bauteil

\dot{m}_{faser} : Fasermassenstrom während des Einspritzens (Bekannt, da durch Faserzuführvorrichtung aufgeprägt)

[0017] Nachfolgend soll die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels und unter Bezugnahme auf die **Fig. 1** und **Fig. 2** näher beschrieben werden.

[0018] Die in der **Fig. 1** dargestellte Spritzgießmaschine **1** umfasst im Wesentlichen eine vorliegend nur schematisch angedeutete Schließeinheit **2** sowie eine Plastifiziereinheit **3**, welche als Spritzeinheit ausgebildet ist. Schließeinheit **1** und Spritzeinheit **3** sind in an sich bekannter Weise auf einem hier nicht dargestellten Maschinenbett angebracht. Die Spritzeinheit **3** umfasst einen Zylinder **4** mit einer Schnecke **5**. Auf der Außenseite des Zylinders **4** sind mehrere Heizelemente **19** angebracht. Das hintere Ende der Schnecke **5** ist mit einem Drehantrieb **6** und einem Linearantrieb **7** wirkverbunden. Im hinteren Endbereich der Schneckengänge ist eine erste Öffnung als Einfüllöffnung **8** für die Zufuhr eines aufzuschmelzenden Kunststoffmaterials vorgesehen. Förderabseitig von der ersten Öffnung **8** ist in dem Zylinder **4** eine zweite Öffnung als Einfüllöffnung **9** für die Zufuhr eines Fasermaterials **10** vorgesehen. Das Fasermaterial kann als Endlosfaserstränge **10a** bis **10f** (auch Rovings genannt) in einem geeigneten Faservorratsbehälter **18** bereitgestellt werden. Der Faservorratsbehälter **18** kann als Fasergatter mit mehreren Faserspulen ausgebildet sein, von denen die Endlosfaserstränge **10a** - **10f** abgezogen werden können. Es können aber auch geschnittene Faserstrangabschnitte, vorzugsweise

geschnittene Glasfaserstränge, als Fasermaterial verwendet und in die Einfüllöffnung **9** eingegeben werden. Am vorderen Ende weist die Schnecke **5** eine Rückströmsperre **11** auf. Gegebenenfalls kann förderabseitig von der Rückströmsperre **11** ein mit der Schnecke **5** drehfest verbundenes und mit dieser mitrotierendes, dispersiv und/oder distributiv wirkendes Mischteil **12** vorgesehen sein, das so ausgebildet sein sollte, dass eine möglichst faserschonende Mischwirkung vorliegt.

[0019] Die **Fig. 2** zeigt eine Situation nach der Ausführung eines Einspritzhubs, kurz nach dem erneuten Plastifizierbeginn. Zwischen zwei Abschnitten **20** und **21** mit Fasermaterial befindet sich ein Abschnitt **22** mit einer reduzierten Konzentration an Fasermaterial. Der Einfachheit halber ist der Abschnitt **22** so dargestellt, als ob kein Fasermaterial vorhanden wäre. In der Praxis ist es jedoch so, dass auch dort Fasermaterial in den Schneckenengängen vorhanden ist. Es lediglich so, dass über die gesamte Schnecke **5** gesehen, förderabseitig von der Einfüllöffnung **9** für das Fasermaterial insgesamt eine inhomogene Faserkonzentration in den Schneckenengängen vorliegt. Die Abschnitte **20** und **21** bilden Zonen mit einer vergleichsweise hohen Faserkonzentration, wohingegen der Abschnitt **22** eine Zone mit einer vergleichsweise niedrigen Faserkonzentration darstellt.

[0020] Erfindungsgemäß ist nun vorgesehen, dass die Einschnecken-Plastifiziereinheit in der Weise betrieben wird, dass die Schnecke **5** auch während der Ausführung des Einspritzhubs drehangetrieben wird, wobei Endlofaserstränge oder geschnittene Faserstrangabschnitte in die Schneckenengänge eingezogen werden. Während des Einspritzhubs wird somit Fasermaterial nachgefördert. Dadurch lassen sich Schwankungen in der Faserkonzentration in den Schneckenengängen und damit auch im spritzgegossenen Kunststoff-Formteil vermeiden. Es ergibt sich eine verbesserte Homogenität der Faserkonzentration und infolgedessen liegen auch verbesserte mechanische Eigenschaften im Formteil vor. Zudem kann eine höhere Prozessstabilität durch reproduzierbare Plastifizierzeiten erzielt werden.

[0021] In den Tabellen 1 und 2 sind verschiedene Varianten für ein erfindungsgemäßes Verfahren dargestellt.

Tabelle 1: Prozessablauf Variante 1

Prozess phase	Schnecke dreht (→ Fasereinzug)	Granulateindosierung
Einspritzen	Ja	Ja
Nachdruck	Ja	Ja
Dekompressionshub 1	Nein	Nein
Plastifizieren	Ja	Ja
Dekompressionshub 2	Nein	Nein
Restkühlzeit	Nein	Nein

Tabelle 2: Prozessablauf Variante 2

Prozess phase	Schnecke dreht (→ Fasereinzug)	Granulateindosierung
Einspritzen	Ja	Nein
Nachdruck	Ja	Nein
Dekompressionshub 1	Nein	Nein
Plastifizieren	Ja	Ja
Dekompressionshub 2	Nein	Nein
Restkühlzeit	Nein	Nein

[0022] Die Bestimmung der Schneckendrehzahl n_{inj} während des Einspritzens, die notwendig ist, um die Faserkonzentration konstant zu halten, erfolgt gemäß der nachfolgend dargestellten Formel:

$$n_{inj} = c \cdot \frac{v_{inj} \cdot n_{pl}}{v_{screw,back}}$$

- c: Proportionalitätsfaktor, empirisch ermittelt oder aus Schneckengeometrie berechnet.
 n_{inj}: Drehzahl während des Einspritzens
 v_{inj}: Einspritzgeschwindigkeit
 n_{pl}: Schneckendrehzahl während des Plastifizierens

[0023] Der Granulatmassenstrom $\dot{m}_{\text{Granulat}}$ /dt, der während des Einspritzens in die Schneckengänge eindosiert wird, berechnet sich gemäß der nachfolgend dargestellten Formel, d.h. für die Granulateindosierung gilt:

$$\dot{m}_{\text{Granulat}} = \frac{1 - c_{\text{faser}}}{c_{\text{faser}}} \cdot \dot{m}_{\text{faser}}$$

- c_{faser}: Gewünschter Fasergehalt im Bauteil
 ṁ_{faser}: Fasermassenstrom während des Einspritzens (Bekannt, da durch Faserzuführvorrichtung aufgeprägt)

Bezugszeichenliste

- | | |
|-----------|--|
| 1 | Spritzgießmaschine |
| 2 | Schließeinheit |
| 3 | Plastifiziereinheit |
| 4 | Zylinder |
| 5 | Schnecke |
| 6 | Drehantrieb |
| 7 | Linearantrieb |
| 8 | Erste Einfüllöffnung - Kunststoffmaterial |
| 9 | Zweite Einfüllöffnung - Fasermaterial |
| 10a - 10f | Faserstränge |
| 11 | Rückström Sperre |
| 12 | Mischteil |
| 18 | Faservorratsbehälter bzw. Fasergatter mit mehreren Faserspulen |
| 19 | Heizelemente |
| 20, 21 | Zone mit hoher Faserkonzentration |
| 22 | Zone mit niedriger Faserkonzentration |

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- WO 2011/066917 A2 [0002]
- WO 2014/04866 A1 [0003]

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von faserverstärkten Kunststoff-Formteilen, wobei Endlosfaserstränge (10a, 10b, 10c., 10d, 10e, 10f) oder geschnittene Faserstrangabschnitte, vorzugsweise geschnittene Glasfaserstränge, einer Plastifiziereinheit (3) zugeführt werden, wobei die Plastifiziereinheit (3) einen Zylinder (4) und in dem Zylinder (4) eine dreh- und linearantreibbare Schnecke (5) aufweist, wobei über eine erste Öffnung (8) in dem Zylinder (4) ein aufzuschmelzendes Kunststoffmaterial eingegeben wird, wobei förderabseitig von der ersten Öffnung (8) über eine zweite Öffnung (9) die Endlosfaserstränge (10a, 10b, 10c, 10d, 10e, 10f) oder die geschnittenen Faserstrangabschnitte in den Zylinder (4) eingegeben und von der Schnecke (5) durch Rotation in die Schneckengänge eingezogen werden, und wobei aufgeschmolzenes und mit Fasermaterial versetztes Kunststoffmaterial durch einen Einspritzhub der Schnecke in ein Formwerkzeug (2) eingespritzt wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Schnecke (5) während der Ausführung des Einspritzhubs drehangetrieben wird,

wobei Endlosfaserstränge oder geschnittene Faserstrangabschnitte in die Schneckengänge eingezogen werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schneckendrehzahl (n_{inj}) während der Ausführung des Einspritzhubs derart gewählt wird, dass die Faserkonzentration in den Schneckengängen konstant gehalten wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schneckendrehzahl (n_{inj}) während des Einspritzhubs verschiedene Werte annimmt.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass für die Schneckendrehzahl (n_{inj}) gilt:

$$n_{inj} = c \cdot \frac{v_{inj} \cdot n_{pl}}{v_{screw,back}}$$

wobei:

c: Proportionalitätsfaktor, empirisch ermittelt oder aus Schneckengeometrie berechnet.

n_{inj} : Drehzahl während des Einspritzens

v_{inj} : Einspritzgeschwindigkeit

n_{pl} : Schneckendrehzahl während des Plastifizierens

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das aufzuschmelzende Kunststoffmaterial als Granulat eingegeben wird, wobei die Eingabe des Granulats als Granulateindosierung mit einem gravimetrisch oder volumetrisch betriebenen Granulatdosiergerät erfolgt

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Granulateindosierung während der Ausführung des Einspritzhubs und/oder während der Nachdruckphase unterbrochen wird

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass für die Granulateindosierung gilt:

$$\dot{m}_{Granulat} = c \cdot \frac{1 - c_{faser}}{c_{faser}} \cdot \dot{m}_{faser}$$

wobei:

c_{faser} : Gewünschter Fasergehalt im Bauteil

\dot{m}_{faser} : Fasermassestrom während des Einspritzens (Bekannt, da durch Faserzuführvorrichtung aufgeprägt)

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

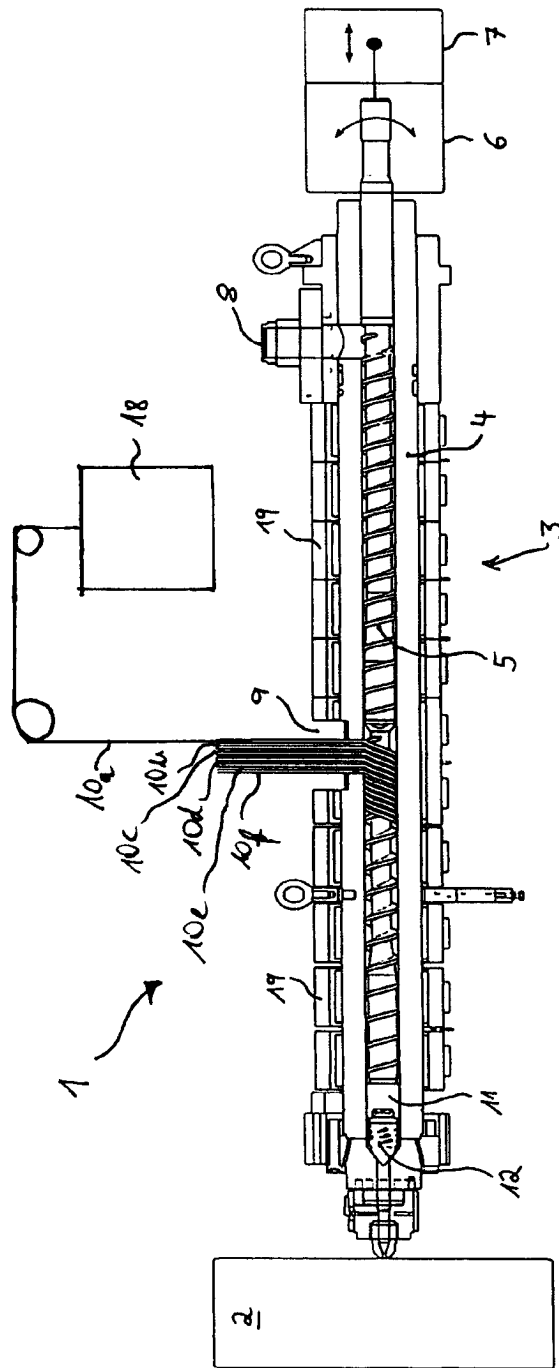


Fig.1

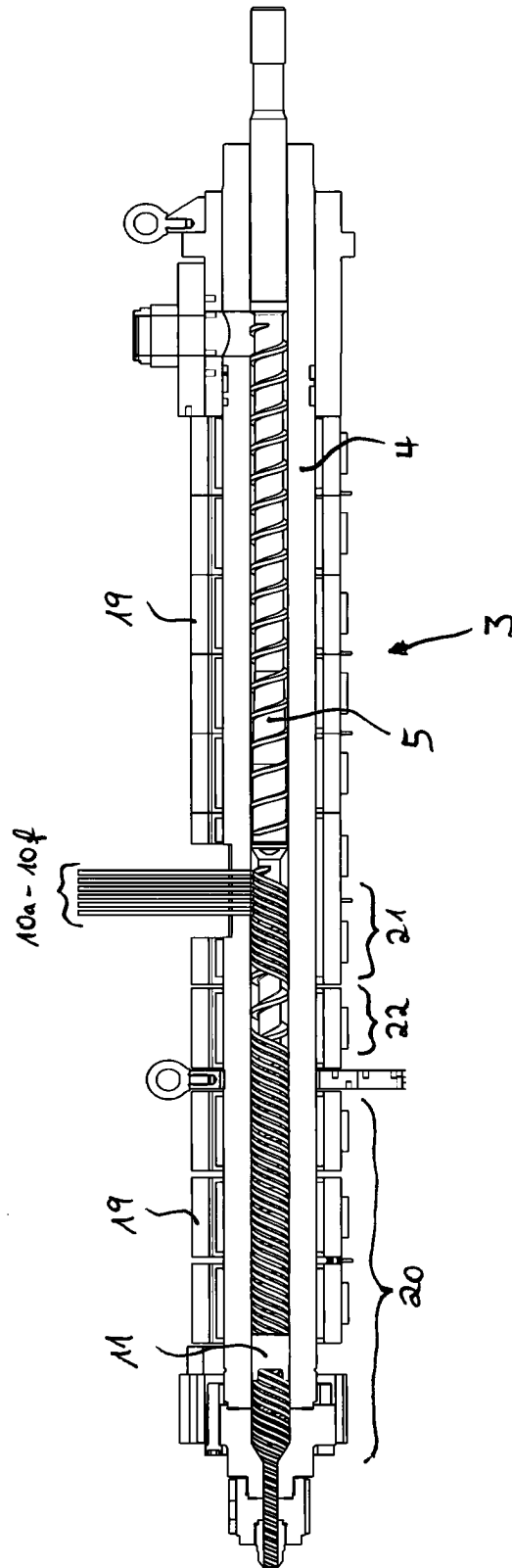


Fig. 2