(19) österreichisches patentamt

(10) **AT 526633 B1 2025-01-15**

(12) # Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50844/2022
(22) Anmeldetag: 07.11.2022
(45) Veröffentlicht am: 15.01.2025

(51) Int. Cl.: ***G01N 11/08*** (2006.01)
B29C 45/76 (2006.01)
B29C 48/92 (2019.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 102016219832 A1
CN 104568663 A
WO 0132397 A1
US 5347852 A
DE 69308539 T2
WO 2018014060 A1

(73) Patentinhaber:
ENGEL AUSTRIA GmbH
4311 Schwertberg (AT)

(72) Erfinder:
Rathner Raffael Johannes Dipl.-Ing. Dr.
4644 Scharnstein (AT)
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)

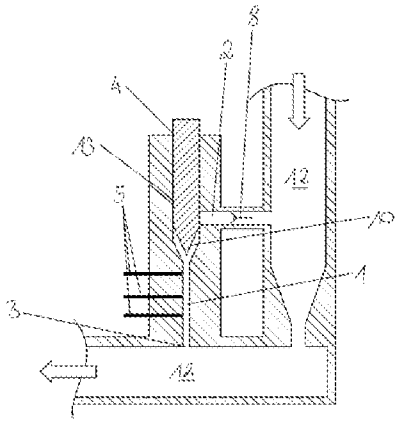
(54) **Messanordnung für eine Spritzgießmaschine**

(57) Mehrstufig ausgebildete Schmelzvorrichtung mit einer Messanordnung für eine Spritzgießmaschine zum Messen rheologischer Eigenschaften einer Schmelze, mit je wenigstens:

- einem Messkanal (1)
- einer Zuführöffnung (2) für Schmelze zum Messkanal (1)
- einer Ausbringöffnung (3) für Schmelze aus dem Messkanal (1)
- einem Verdrängungskörper (4), welcher zum Verdrängen von Schmelze aus dem Messkanal (1) über die Ausbringöffnung (3) mit einem bekannten Antriebsprofil antreibbar ist oder einer Pumpe zum Erzeugen eines Volumenstroms
- einem Drucksensor (5) zum Bestimmen eines Drucks in der Schmelze im Messkanal (1)
- einer Signalschnittstelle (6) zum Übermitteln des vom Drucksensor (5) bestimmten Drucksignales an eine Auswerteeinheit (7)
- einer Verbindungsvorrichtung zum mechanischen Verbinden der Messanordnung mit mindestens einer Schmelzekammer (12) einer Schmelzvorrichtung so, dass der Messkanal (1) eine Abzweigung der mindestens einen Schmelzekammer (12) bildet,

wobei die Zuführöffnung (2) mit einer Schmelzekammer (12) einer ersten Stufe verbunden ist und die Ausbringöffnung (3) mit einer Schmelzekammer (12) einer zweiten Stufe verbunden ist.

Fig. 1



AT 526633 B1 2025-01-15

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine mehrstufig ausgebildete Schmelzvorrichtung mit einer Messanordnung für eine Spritzgießmaschine zum Messen rheologischer Eigenschaften einer Schmelze und einer Vorrichtung zum Bestimmen rheologischer Eigenschaften einer Schmelze unter Verwendung einer solchen Messanordnung, eine Spritzgießmaschine mit einer solchen Schmelzvorrichtung, ein Verfahren zum Messen und ein Verfahren zum Herstellen eines Formteiles. Weiters betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Einstellen einer rheologischen Eigenschaft einer Schmelze im Betrieb einer Schmelzvorrichtung einer Spritzgießmaschine.

[0002] Zwar ist es bei einstufigen Schmelzvorrichtungen bereits bekannt (zum Beispiel DE 10 2010 027 942 A1), eine rheologische Eigenschaft einer Schmelze zu bestimmen (vgl. Figur 14), dies erfolgt aber in nicht zufriedenstellender Weise erst unmittelbar vor dem Injizieren der Schmelze in ein Werkzeug. Zusätzlich hat man höhere Druckverbräuche beim Einspritzen. Diese sind nicht erwünscht. In einem zweistufigen Prozess sind Bypass-Rheometer mit spezieller Ausführung erforderlich (zum Beispiel EP 3 347 690 A1).

[0003] Eine Aufgabe der Erfindung ist die einfache Messung einer rheologischen Eigenschaft einer Schmelze im Betrieb einer mehrstufig ausgebildeten Schmelzvorrichtung einer Spritzgießmaschine und zwar bevorzugt so, dass noch eine Einstellung der Schmelze auf einen bestimmten Wert der rheologischen Eigenschaft erfolgen kann.

[0004] Diese Aufgabe wird durch eine mehrstufig ausgebildete Schmelzvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

[0005] Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

[0006] Die vorliegende Erfindung dient dazu, rheologische Eigenschaften der Schmelze (bevorzugt die Viskosität, insbesondere die Scherviskosität oder die Dehnviskosität und möglicherweise auch einer Kopplung der gemessenen Viskositäten mit einem IV-Wert), bevorzugt im Spritzguss- oder Extrusionsbetrieb, zu messen.

[0007] Die Schmelze wird hierbei in einer Schmelzvorrichtung einer Spritzgussmaschine aufbereitet und durch eine Schmelzeleitung transportiert, welche beispielsweise eine erste und eine zweite Schmelzkammer (mehrstufige Ausbildung) aufweisen kann.

[0008] Ein Vorteil der Erfindung besteht darin, dass auch ohne bekannten Schmelzevolumenstrom in der Schmelzvorrichtung durch den Verdrängungskörper und die bekannte Geometrie des Messkanals ein Volumensstrom bekannt ist und so zum Beispiel die Scherviskosität berechnet werden kann.

[0009] Außerdem kann die Messanordnung dazu verwendet werden, eine rheologische Eigenschaft der Schmelze, vorzugsweise die Viskosität, noch während der Erzeugung der Schmelze zu messen.

[0010] Eine Messanordnung für eine Spritzgießmaschine zum Messen rheologischer Eigenschaften einer Schmelze, weist wenigstens auf:

- wenigstens einen Messkanal
- wenigstens eine Zuführöffnung für Schmelze zum Messkanal
- wenigstens eine Ausbringöffnung für Schmelze aus dem Messkanal
- wenigstens einen Verdrängungskörper, welcher zum Verdrängen von Schmelze aus dem Messkanal über die Ausbringöffnung mit einem bekannten Antriebsprofil antreibbar ist, oder einer Pumpe zum Erzeugen eines Volumenstroms
- wenigstens einem Drucksensor um Bestimmen eines Drucks in der Schmelze im Messkanal
- wenigstens einer Signalschnittstelle zum Übermitteln des vom Drucksensor bestimmten Drucksignales an eine Auswerteeinheit

- eine Verbindungsvorrichtung zum mechanischen Verbinden der Messanordnung mit mindestens einer Schmelzekammer einer Schmelzvorrichtung einer Spritzgießmaschine so, dass der Messkanal eine Abzweigung der mindestens einen Schmelzekammer bildet

[0011] Die Berechnung der Viskosität kann in Abhängigkeit der bekannten Geometrie des Messkanals erfolgen. Geschlossene analytische Lösungen ergeben sich zum Beispiel für einen Messkanal mit rundem oder rechteckigem Querschnitt. Für abweichende Geometrien können numerische Lösungen berechnet oder Simulationen durchgeführt werden.

[0012] Berechnung für einen Messkanal mit rundem Querschnitt:

[0013] Die Wandschubspannung τ_{wall} kann mit Gleichung (1) berechnet werden

$$\tau_{wall} = \frac{\Delta p}{l} * \frac{R}{2} \qquad (1)$$

wobei R der Radius des Messkanals ist, Δp der Druckabfall und l die Länge des Messkanals.

[0014] Die scheinbare Scherrate $\dot{\Upsilon}_{app}$ wird mit Gleichung (2) berechnet

$$\dot{\Upsilon}_{app} = \frac{4*\dot{V}}{\pi*R^3} \qquad (2)$$

[0015] Die wahre Scherrate $\dot{\Upsilon}_{real}$ wird anschließend mit der in Gleichung (3) gezeigten Weißenberg Rabinowitsch Korrektur berechnet

$$\dot{\Upsilon}_{real} = \frac{1}{3} * \left(2 + \frac{dlog(\dot{\Upsilon}_{app})}{dlog(\tau)}\right) * \dot{\Upsilon}_{app} \qquad (3)$$

[0016] Die Scherviskosität η wird anschließend mit Gleichung (4) berechnet

$$\eta = \frac{\tau_{wall}}{\dot{\Upsilon}_{real}} \qquad (4)$$

[0017] Als weiteres Beispiel wird eine Berechnung bei Verwendung eines Messkanals mit rechteckigem Querschnitt diskutiert:

[0018] Für einen solchen Messkanal kann die Wandschubspannung τ_{wall} wie in Gleichung (5) angegeben berechnet werden

$$\tau_{wall} = \frac{\Delta p*H}{2*L} \qquad (5)$$

wobei H die Höhe des Kanals und L die Länge des Messkanals ist. Die scheinbare Scherrate $\dot{\Upsilon}_{app}$ kann anschließend mit Gleichung (6) berechnet werden

$$\dot{\Upsilon}_{app} = \frac{6*\dot{V}}{W*H^2} \qquad (6)$$

wobei hier W die Breite des Messkanals ist. Die wahre Scherrate $\dot{\Upsilon}_{real}$ kann mit Gleichung 3 berechnet werden und die Scherviskosität η mit Gleichung (4).

[0019] Korrelation Scherviskosität Wert der intrinsischen Viskosität (IV-Wert):

[0020] Bei der Erfindung kann auch der IV-Wert mit der Scherviskosität gekoppelt werden. Hierzu wird die Scherviskosität, beispielsweise von verschiedenen PET-Typen, mit verschiedenen IV-Werten gemessen. Durch den bekannten IV-Wert und der gemessenen Scherviskosität bei konstantem Volumensstrom kann eine Korrelation zwischen den beiden Werten gemacht werden. Dadurch kann auch der IV-Wert mit dieser Erfindung gemessen werden. In den folgenden Formulierungen können also die Scherviskosität und der IV-Wert gleichgesetzt werden.

[0021] Zur Bestimmung der Dehnviskosität kann eine Dehndüse verwendet werden. Eine Dehndüse ist wie eine Scherrdüse aufgebaut. Der Unterschied hierbei ist, dass der Druckabfall nicht bei einer gleichbleibenden Geometrie, sondern bei einer Geometrie mit einer Querschnittsänderung gemessen wird. Die Dehnviskosität kann anschließend mit verschiedenen Methoden berechnet werden.

[0022] Die Vorrichtung zum Bestimmen einer rheologischen Eigenschaft einer Schmelze ist als Teil einer Schmelzvorrichtung zum Erzeugen von Schmelze aus einem festen Material ausgebildet sein, insbesondere für eine Spritzgießmaschine. Bei der Spritzgießmaschine kann es sich um einen Spritzgieß-Compounder handeln.

[0023] Bevorzugt handelt es sich bei der Schmelze um Kunststoffschmelze.

[0024] Die Zufuhröffnung ist mit einer Schmelzekammer zur Zufuhr von Schmelze zu verbinden. Die Ausbringöffnung ist ebenfalls mit einer Schmelzekammer verbunden (einer anderen).

[0025] Es kann vorgesehen sein, dass entlang einer Längserstreckung des Messkanals beabstandet voneinander wenigstens zwei Drucksensoren angeordnet sind. Ist nur ein einziger Drucksensor vorgesehen, muss, falls der Referenzdruck nicht bekannt ist zur Feststellung eines Druckabfalls ein weiterer Druckwert zugeführt werden, entweder eines Drucks der Schmelze vor Zufuhr zum Messkanal oder eines Drucks der Schmelze nach Ausbringung. Die Verwendung von wenigstens zwei Drucksensoren hat den Vorteil, dass die Messanordnung in Bezug auf die Drucksignale autark funktioniert. Zur Erhöhung der Messgenauigkeit können drei oder mehr Drucksensoren vorgesehen sein.

[0026] Es kann vorgesehen sein, dass der Verdrängungskörper als gemäß dem bekannten Antriebsprofil verschiebbarer Kolben oder Schnecke (drehbar gelagert oder nicht drehbar gelagert) ausgebildet ist.

[0027] Es kann vorgesehen sein, dass der Verdrängungskörper mit einem Spülkanal versehen ist.

[0028] Die Einbringöffnung ist bevorzugt mit einem Sperrventil, zum Beispiel einem Rückschlagventil oder einer Kugelsperre, versehen, damit die Schmelze nicht zurückfließen kann.

[0029] Es kann vorgesehen sein, dass der Messkanal und die Ausbringöffnung in einer, vorzugsweise auswechselbaren, Düse ausgebildet sind. In diese können verschiedene Messkanäle in Form von Kapillaren mit verschiedenen, bekannten Abmessungen eingeschraubt werden.

[0030] Die Düse kann als eine Dehndüse (der Kanalradius/die Breite der Düse verändert sich) oder eine Scherdüse oder auch beides ausgeführt sein.

[0031] Die Geometrie des Messkanals kann je nach erwarteter Viskosität der Schmelze einen größeren oder kleineren Durchmesser oder Spaltweite aufweisen, um einen Druckabfall, der in der Messgenauigkeit der Drucksensoren liegt, zuverlässig zu messen.

[0032] Der Verdrängungskörper kann mit einer oder mehreren definierten Geschwindigkeiten bewegt werden. Mit dem Querschnitt des Messkanals und der Geschwindigkeit des Verdrängungskörpers kann ein definierter Volumenstrom durch den Messkanal und die Ausbringöffnung ausgebracht werden.

[0033] Es kann vorgesehen sein, dass zwischen Messkanal und Zuführöffnung ein Speichervolumen angeordnet ist.

[0034] Es kann eine Antriebseinheit zum Antreiben des Verdrängungskörpers der zumindest einen Messanordnung mit einem bekannten Antriebsprofil vorgesehen sein.

[0035] Es kann vorgesehen sein, dass zumindest eine Entgasungsöffnung vorgesehen ist.

[0036] Es ist vorgesehen, dass Zuführöffnung und Ausbringöffnung als verschiedene Öffnungen ausgebildet sind. In diesem Fall wird die Zuführöffnung und Ausbringöffnung mit verschiedenen Schmelzekammern verbunden.

[0037] Es kann vorgesehen sein, dass der Verdrängungskörper in Form eines Hauptkolbens ausgebildet ist, in welchem ein weiterer Kolben bewegbar gelagert ist.

[0038] Bei einer Vorrichtung zum Bestimmen einer rheologischen Eigenschaft einer Schmelze, ist wenigstens vorgesehen:

- zumindest eine Messanordnung nach wenigstens einem der diskutierten Ausführungsformen

- eine Auswerteeinheit, welche mit der Signalschnittstelle der zumindest einen Messanordnung in Verbindung bringbar ist oder mit dieser in Verbindung steht, wobei die Auswerteeinheit dazu konfiguriert ist, aus einer Strömungsgeschwindigkeit der Schmelze beim Ausbringen der Schmelze aus dem Messkanal und den über die Signalschnittstelle übermittelten Drucksignalen eine rheologische Eigenschaft, vorzugsweise die Viskosität, der Schmelze zu bestimmen

[0039] Bei einer Schmelzvorrichtung zum Erzeugen von Schmelze aus einem festen Material, insbesondere für eine Spritzgießmaschine, ist wenigstens vorgesehen:

- wenigstens einer Vorrichtung zum Erzeugen und/oder Transportieren von Schmelze, insbesondere in Form einer drehbar und/oder verschiebbar gelagerten Schnecke, in wenigstens einer Schmelzekammer
- zumindest eine Messanordnung, insbesondere nach wenigstens einer der diskutierten Ausführungsformen, mit wenigstens je
  - einem Messkanal, welcher als Abzweigung einer Schmelzekammer der Schmelzvorrichtung ausgebildet ist
  - einer Zuführöffnung für Schmelze zum Messkanal welche mit einer Schmelzekammer der Schmelzvorrichtung verbunden ist
  - einer Ausbringöffnung für Schmelze aus dem Messkanal, welche bevorzugt mit einer Schmelzekammer der Schmelzvorrichtung verbunden ist
  - einem Verdrängungskörper, welcher zum Verdrängen von Schmelze aus dem Messkanal über die Ausbringöffnung mit einem bekannten Antriebsprofil antreibbar ist, oder einer Pumpe zum Erzeugen eines Volumenstroms
  - einem Drucksensor zum Bestimmen eines Drucks in der Schmelze im Messkanal
  - einer Signalschnittstelle zum Übermitteln des vom Drucksensor bestimmten Drucksignales an eine Auswerteeinheit
- einer Auswerteeinheit, welche mit der Signalschnittstelle der zumindest einen Messanordnung in Verbindung bringbar ist oder mit dieser in Verbindung steht, wobei die Auswerteeinheit dazu konfiguriert ist, aus einer Strömungsgeschwindigkeit der Schmelze beim Ausbringen der Schmelze aus dem Messkanal und den über die Signalschnittstelle übermittelten Drucksignalen eine rheologische Eigenschaft, vorzugsweise die Viskosität, der Schmelze zu bestimmen.

[0040] Es kann vorgesehen sein, dass der Verdrängungskörper gesondert von der Vorrichtung zum Erzeugen und/oder Transportieren von Schmelze ausgebildet ist.

[0041] Es kann vorgesehen sein, dass der Verdrängungskörper durch die Vorrichtung zum Erzeugen und/oder Transportieren von Schmelze gebildet wird.

[0042] Es ist vorgesehen, dass die Schmelzvorrichtung mehrstufig ausgebildet ist und die Zuführöffnung mit einer Schmelzekammer einer ersten Stufe verbunden ist und die Ausbringöffnung mit einer Schmelzekammer einer zweiten Stufe verbunden ist.

[0043] Es kann vorgesehen sein, dass die Vorrichtung zum Erzeugen und/oder Transportieren von Schmelze dazu konfiguriert ist, eine Verschiebebewegung zur Erzeugung einer Kompressionsentlastung durchzuführen.

[0044] Bei einer Formgebungsmaschine mit einer Schmelzvorrichtung nach wenigstens einer der diskutierten Ausführungsformen kann die Schmelze durch die Vorrichtung zum Erzeugen und/oder Transportieren von Schmelze in ein Werkzeug injiziert werden.

[0045] Ein Verfahren zum Bestimmen einer rheologischen Eigenschaft einer Schmelze weist wenigstens die folgenden Schritte auf:

- Abzweigen von Schmelze aus einer Schmelzekammer in einen Messkanal

- Verdrängen oder Fördern von Schmelze mit einer bekannten Strömungsgeschwindigkeit über eine Länge des Messkanals
- Messen eines Druckabfalls beim Verdrängen der Schmelze
- Bestimmen der rheologischen Eigenschaft, vorzugsweise der Scherviskosität, der Schmelze.

[0046] Bei einem Verfahren zum Herstellen eines Formteiles, durch Einspritzen von Schmelze in ein Formwerkzeug, wird unabhängig vom Einspritzen, bevorzugt vor dem Einspritzen, eine rheologische Eigenschaft der Schmelze, insbesondere nach dem Verfahren des vorangehenden Absatzes, bestimmt.

[0047] Bei einem Verfahren zum Einstellen eines Wertes einer rheologischen Eigenschaft einer sich in einer Schmelzvorrichtung einer Spritzgießmaschine befindenden Schmelze, wobei die rheologische Eigenschaft der Schmelze nach der vorangehend beschriebenen Art bestimmt wird, kann der Schmelze vor dem Abzweigen so viel Additiv zugeführt werden oder die Schmelze durch Verwendung eines Polymers mit höherer oder niedrigerer Viskosität so verändert werden, dass sich ein gewünschter Wert der rheologischen Eigenschaft ergibt.

[0048] Ausführungsformen der Erfindung werden anhand der Figuren diskutiert.

[0049] Figur 1 zeigt eine erste Ausführungsform einer Messanordnung.

[0050] Figur 2 zeigt eine zweite Ausführungsform einer Messanordnung.

[0051] Figur 3 zeigt einen ersten Verfahrensschritt eines Verfahrens zum Bestimmen einer rheologischen Eigenschaft einer Schmelze.

[0052] Figur 4 zeigt einen weiteren Verfahrensschritt des Verfahrens zum Bestimmen einer rheologischen Eigenschaft einer Schmelze.

[0053] Figur 5 zeigt einen weiteren Verfahrensschritt des Verfahrens zum Bestimmen einer rheologischen Eigenschaft einer Schmelze.

[0054] Figur 6 zeigt einen weiteren Verfahrensschritt des Verfahrens zum Bestimmen einer rheologischen Eigenschaft einer Schmelze.

[0055] Figur 7 zeigt einen weiteren Verfahrensschritt des Verfahrens zum Bestimmen einer rheologischen Eigenschaft einer Schmelze.

[0056] Figur 8 zeigt einen ersten Verfahrensschritt eines weiteren Verfahrens zum Bestimmen einer rheologischen Eigenschaft einer Schmelze.

[0057] Figur 9 zeigt einen weiteren Verfahrensschritt des weiteren Verfahrens zum Bestimmen einer rheologischen Eigenschaft einer Schmelze.

[0058] Figur 10 zeigt einen weiteren Verfahrensschritt des weiteren Verfahrens zum Bestimmen einer rheologischen Eigenschaft einer Schmelze.

[0059] Figur 11 zeigt einen weiteren Verfahrensschritt des weiteren Verfahrens zum Bestimmen einer rheologischen Eigenschaft einer Schmelze.

[0060] Figur 12 zeigt einen weiteren Verfahrensschritt des weiteren Verfahrens zum Bestimmen einer rheologischen Eigenschaft einer Schmelze.

[0061] Figur 13 zeigt einen weiteren Verfahrensschritt des weiteren Verfahrens zum Bestimmen einer rheologischen Eigenschaft einer Schmelze.

[0062] Figur 14 zeigt eine Schmelzvorrichtung nach dem Stand der Technik

[0063] Figur 15 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Schmelzvorrichtung.

[0064] Figur 16 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Schmelzvorrichtung.

[0065] Figur 17 zeigt ein Ausführungsbeispiel mit einer Möglichkeit der Reinigung des Verdrängungskörpers.

[0066] Figur 18 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel mit einer Möglichkeit der Reinigung des Verdrängungskörpers.

[0067] Figur 19 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel mit einer Möglichkeit der Reinigung des Verdrängungskörpers.

[0068] Figur 20 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel mit einer Möglichkeit der Reinigung des Verdrängungskörpers.

[0069] Figur 21 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel mit einer Möglichkeit der Reinigung des Verdrängungskörpers.

[0070] Figur 22 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel mit einer Möglichkeit der Reinigung des Verdrängungskörpers.

[0071] Figur 23 zeigt ein Beispiel einer Scherdüse.

[0072] Figur 24 zeigt ein Beispiel einer Dehndüse zur Bestimmung der Dehnviskosität.

[0073] Figur 25 zeigt ein Beispiel einer Mischung aus einer Scherdüse und einer Dehndüse.

[0074] Figur 26 und 27 zeigen einen Querschnitt eines glatten und eines genuteten Zylinders.

[0075] Figur 28 zeigt eine Schmelzvorrichtung mit einem genuteten Zylinder.

[0076] Figur 29 zeigt eine Schmelzvorrichtung mit einem Bypass und einer Pumpe.

[0077] Figur 30 zeigt eine Messanordnung mit einem Verdrängungskörper in Form einer Schnecke.

[0078] Figur 31 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Schmelzvorrichtung.

[0079] Figur 32 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Schmelzvorrichtung.

[0080] Figur 33 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Schmelzvorrichtung.

[0081] Figur 34 zeigt eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zum Bestimmen einer rheologischen Eigenschaft einer Schmelze.

[0082] In Figur 1 ist eine erste Ausführungsform einer Messanordnung im Einsatz bei einer zweistufigen Schmelzvorrichtung gezeigt. Die Zuführöffnung 2 ist mittels eines Sperrventils 8 verschließbar und mit einer ersten Schmelzekammer 12 gekoppelt, welche in eine zweite Schmelzekammer 12 mündet. Die Bewegungsrichtung der Schmelze ist durch Pfeile gezeigt. Der Druckverlauf im Messkanal 1 ist durch hier drei Drucksensoren 5 messbar und einer in dieser Figur nicht erkennbaren Auswerteeinheit 7 zuführbar (vgl. Figur 34). Über den hier als Kolben ausgeführten Verdrängungskörper 4 kann die Schmelze mit einem definierten Geschwindigkeitsprofil (durch eine hier nicht dargestellte Antriebseinheit 9 - vgl. Figur 34) durch den Messkanal 1 über die Ausbringöffnung 3 in die zweite Schmelzekammer 12 gedrückt werden. Wie eingangs erwähnt, kann so die Viskosität der Schmelze bestimmt werden. In diesem Ausführungsbeispiel ist eine Entgasungsöffnung 13 vorgesehen. In dieser Figur nicht dargestellt sind in den Schmelzekammern 12 angeordnete Vorrichtungen 19 zum Erzeugen und/oder Transportieren von Schmelze. In der gezeigten Ausführungsform wird zusätzlich durch das Aufbauprinzip eine kontinuierliche Spülung beider Schmelzekammern 12 realisiert, sodass das FIFO-Prinzip (First-In-First-Out-Prinzip) gewährleistet ist. Durch dieses Prinzip kommt es zu einer Selbstreinigung und keiner erhöhten Verweilzeit.

[0083] Die Ausführungsform der Figur 2 unterscheidet sich von jener der Figur 1 nur darin, dass der Verdrängungskörper 4 mit einem Spülkanal 11 (z. B. Pinolenkanal) versehen ist.

[0084] Ein Verfahren zum Bestimmen einer rheologischen Eigenschaft der Schmelze ist in den Figuren 3 bis 7 dargestellt.

[0085] Figur 3 zeigt die Messanordnung vor dem Aufdosieren mit dem Verdrängungskörper 4.

[0086] In Figur 4 ist der Verdrängungskörper 4 beim Aufdosieren der Schmelze dargestellt.

[0087] In Figur 5 ist der Verdrängungskörper 4 aufdosiert und die Schmelze kann durch die Entgasungsöffnung 13 entgast werden.

[0088] Figur 6 zeigt Verdrängungskörper 4 in der Stellung vor dem Einspritzen der Schmelze in die zweite Schmelzekammer 12 und der Viskositätsmessung. Beim Einspritzen des Verdrängungskörper 4 (durch einen Pfeil symbolisiert) kann dieser mit verschiedenen Geschwindigkeiten bewegt werden, um verschiedene Volumensströme und Schergeschwindigkeiten zu messen.

[0089] In Figur 7 ist der Verdrängungskörper 4 nach dem Einspritzen zu sehen. Der Zyklus der Figuren 3 bis 7 kann nun wiederholt werden. Hier können dann verschiedene Geschwindigkeiten in einem Zyklus oder durch mehrere Zyklen gemessen werden.

[0090] In der Variante der Figur 8 ist das Vorsehen eines Speichervolumens 10 für die Schmelze erkennbar. Der Messkanal 1 kann hier durch verschiedene Düsen mit verschiedenen Durchmessern und Längen, welche in eine Bohrung eingeschraubt werden, realisiert werden, um verschiedene Viskositätswerte abzudecken. In der Variante der Figur 9 ist zusätzlich ein Spülkanal 11 vorgesehen.

[0091] Die Figuren 10 bis 13 zeigen analog zu den Figuren 3 bis 7 einen Messvorgang mit der Messanordnung der Figur 8.

[0092] In Figur 14 ist eine Viskositätsmessung nach dem Stand der Technik gezeigt. Herkömmliche Messanordnungen auf einer Spritzgussmaschine messen normalerweise die Scher- und Dehnviskosität erst nach dem Plastifizierprozess oder beim Einspritzprozess. Die Plastifizierschnecke fungiert dabei als Verdrängungskörper 4 und die Spritzdüse als Messkanal 1. Die Messung der Scher- und Dehnviskosität erfolgt hierbei durch eine Druckabfallsmessung und anschließender Berechnung der Scher- oder Dehnviskositätviskosität. Das Problem dieser Messanordnung ist unter anderem, dass zwar die rheologischen Eigenschaften der Schmelze gemessen werden können, aber die Schmelze nicht mehr gezielt auf einen gewissen Wert der Scher- und Dehnviskosität eingestellt (additiviert) werden kann. Hierzu kann man vernetzende und/oder degradierende Additive (z.B. Peroxide) oder ein höher oder niedrigviskoseres Polymer verwenden, um die Viskosität gezielt einzustellen.

[0093] Die Erfindung ist in der Lage dieses Problem zu lösen, wie beispielhaft in Figur 15 gezeigt. Die Schmelze wird hierbei in einer Schmelzvorrichtung (zum Beispiel einer Spritzgießmaschine) aufbereitet und durch eine Schmelzeleitung transportiert. Es kann anschließend wie bereits beschrieben die Viskosität gemessen werden. Die Vorrichtung 19 zum Erzeugen und/oder Transportieren von Schmelze mischt Additiv, welches durch die Zufuhr 18 einer Dosiervorrichtung (zum Beispiel Dosierschnecke, Schmelzepumpe usw.) zugegeben werden kann, in die gemessene Schmelze einmischt und so additiviert, dass sich die gewollte Viskosität einstellt. Nachdem die Viskosität der Schmelze gemessen wurde, kann ein Additiv (z. B. Additiv oder Polymer mit anderer Viskosität) durch die Zufuhr 18 zur Additivierung der Schmelze zugegeben werden. So kann die Viskosität gezielt eingestellt werden.

[0094] In Figur 16 ist eine Schmelzvorrichtung mit einem zusätzlichen Aggregat 22 oben gezeigt, welches über einen Hauptdosierer 23 und zwei Nebendosierer 24 gespeist werden kann. Im Hauptdosierer 23 wird ein Material zugegeben und die Viskosität wird wie oben beschrieben gemessen. Möchte man nun die Viskosität verändern, können die Nebendosierer 24 gestartet werden, wobei die Nebendosierer 24 verschiedene Additive, welche die Viskosität beeinflussen, zugeben. Ein Beispiel könnte sein, dass einer der Nebendosierer 24 ein hochviskoses Polymer dosiert und der andere Nebendosierer 24 ein niedrigviskoses Material dosiert. Will man nun die Viskosität verändern, kann entweder der eine Nebendosierer 24 oder der andere Nebendosierer 24 dazugeschalten und so die Viskosität verändern werden. Die in Figur 16 unterste Schmelzkammer 12 bildet den Plastifizierzylinder einer Spritzgießmaschine.

[0095] Ein mögliches Problem bei Ausführungsformen ist, dass der Verdrängungskörper 4 nicht die ganze Schmelze aus dem Messkanal 1 hinausdrücken kann und somit immer wieder Material

zurückbleibt. Dies kann ein besonderes Problem bei Kunststoffen, die schnell degradieren, sein. Ein Beispiel dafür ist PET. Mögliche Lösungen werden in den nachfolgenden Figuren vorgestellt.

[0096] Figur 17 zeigt eine Kolbenlösung für eine Selbstreinigung des Messkanals 1 mit einem durch eine Kolbenspitze verlängerten Kolben. Allerdings kann auch hier noch Material zurückbleiben.

[0097] Um dieses Problem zu lösen, kann in den Kolben eine Nut (Loch) eingebracht werden, wie in Figur 18 gezeigt. In diesem Loch (strichlierter Kanal) befindet sich eine Rückstromsperre, zum Beispiel eine Kugelsperre 21. Diese wird dazu benötigt, dass wie beim oben beschriebenen Problem ab einem gewissen Druck das Material entweichen kann. Somit schließt die Rückstromsperre nach hin bis zu einem gewissen Druck ab. Fährt der Kolben nun nach unten, wird durch das zurückgebliebene Material ein Druck auf die Kugelsperre 21 aufgebaut. Wird ein gewisser Druck erreicht, so öffnet sich die Kugelsperre 21 und das restliche Material ström aus dem Kolbenvorraum. So kann gewährleistet werden, dass der Messkanal 1 immer gereinigt wird. Die gesamte Anordnung kann aber auch ohne Kugelsperre 21 ausgeführt werden.

[0098] Figur 19 zeigt eine Alternative in Form einer Reinigung durch eine Leckströmung. Dabei besteht zur Wand ein gewisser, möglichst kleiner Abstand, welcher es der Schmelze bei einem gewissen Druck ermöglicht, beim Kolben vorbei in den Vorraum des Kolbens zu gelangen. Auch so kann die zurückgebliebene Schmelze abgeführt und eine Reinigung erzielt werden.

[0099] In Figur 20 ist eine Kolben-in-Kolben-Lösung gezeigt. Dabei ist in einem Hauptkolben 41 ein weiterer Kolben 42 bewegbar gelagert.

[00100] Wird durch den Messkanal 1 gespritzt, fährt der gesamte Kolben nach unten (Figur 21).

[00101] Ist nun der erste Einspritzprozess abgeschlossen, kann man das restliche Material mit dem weiteren Kolben 42 aus dem Messkanal 1 herausdrücken (Figur 22).

[00102] Die Überlegungen zur Reinigung des Messkanals 1 können bei einem mehrstufigen Prozess Anwendung finden.

[00103] Eine schematische Skizze einer möglichen Scherdüse ist in Figur 23 zu sehen. Eine Scherdüse kann aus einer, zwei oder mehreren Scherrdüsen bestehen, die verschiedene Geometrien aufweisen können. Es können bei jeder Düse zwei oder mehrere Druckfühler 5 verwendet werden. Es ist auch möglich nur einen Druckfühler 5 zu verwenden, wenn man den Druck nach der Düse (zum Beispiel in Freie = 1 bar) kennt.

[00104] Eine Dehndüse (vgl. Figur 24) ist ähnlich wie eine Scherdüse aufgebaut. Der Unterschied hierbei ist, dass der Druckabfall nicht bei einer gleichbleibenden Geometrie sondern bei einer Geometrie, bei welcher eine Querschnittsänderungen vorliegt, gemessen wird. Die Dehnviskosität kann anschließend mit verschiedenen bekannten Methoden berechnet werden.

[00105] In Figur 25 ist eine Düse gezeigt, mit welcher einmal die Scherrviskosität und zweimal die Dehnviskosität bestimmt werden kann. Hierbei kann beim Übergang von Düsenabschnitt A nach B die Dehnviskosität gemessen werden, im Düsenabschnitt B die Scherviskosität und im Übergang vom Düsenabschnitt B nach C auch die Dehnviskosität. Es können auch alle anderen Kombinationen von Düsenabschnitten vorgesehen sein.

[00106] Bei einer glatten Ausführung eines Zylinders (Figur 26) kennt man den Volumensstrom nicht. Darum kann auch überlegt werden, eine genutete Ausführung eines Zylinders zu definieren (Figur 27). Nutbuchsenzylinder sind in der Lage, Gegendruck unabhängig zu fördern und somit ist der Volumensstrom bekannt. Glatte Zylinder fördern Gegendruck abhängig und dadurch ist der Volumensstrom nicht bekannt.

[00107] Eine mögliche Anwendung für einen zweistufigen Prozess ist in Figur 28 oder in Figur 29 gezeigt. Figur 28 zeigt eine Schmelzvorrichtung mit einem genuteten Zylinder. In Fig. 29 ist eine Pumpe 20 (Schmelzepumpe) vorgesehen, welche einen konstanten Volumensstrom über die den Messkanal 1 leitet. Hier ist kein genuteter Zylinder notwendig, weil die Schmelzepumpe einen bekannten Volumensstrom liefert.

[00108] Figur 30 zeigt beispielhaft eine Variante, in welcher als Verdrängungskörper eine Schnecke statt eines Kolbens vorgesehen ist.

[00109] Die Figuren 31 bis 33 zeigen verschiedene Konzepte in zweistufigen Anwendungen. Die Messanordnung ist bei der Erfindung- anders als in Figuren 31 bis 33 dargestellt - anstatt nach der zweiten Stufe zwischen erster und zweiter Stufe angeordnet. In diesem Fall kann zwischen erster Stufe und zweiter Stufe gemessen und nach der ersten Stufe durch eine Öffnung additiviert werden. In Figur 31 und 32 ist eine Stellung eines Sperrventils 15 zu sehen, in der das Sperrventil 15 geschlossen ist und die Schmelze nach oben zum Verdrängungskörper 4 gefördert werden kann. Dadurch wird der Verdrängungskörper 4 nach oben gedrückt. Dies kann über den Schmelzedruck und/oder über einen Hebel, der den Verdrängungskörper 4 nach oben drückt, geschehen. Es ist eine Weiche 14 in Fig. 33 vorgesehen, welche abwechselnd den Messkanal 1 und die Düse zum Werkzeug 16 verschließen kann. Besonders interessant sind hier Umschaltweichen, welche von der Spritzgussmaschine gesteuert geschlossen werden können.

[00110] Figur 34 zeigt eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zum Bestimmen einer rheologischen Eigenschaft einer Schmelze mit Messanordnung M, Antriebseinheit 9 für den Verdrängungskörper 4 und einer Signalschnittstelle 6 zwischen Druckfühlern 5 und einer Auswerteeinheit 7. Die Auswerteeinheit 7 kann als eigenständige Einheit (baulich verbunden mit der Messanordnung, der Schmelzvorrichtung oder der Formgebungsmaschine oder über eine Datenleitung verbunden, zum Beispiel der Cloud) oder integriert in eine Maschinensteuerung der Schmelzvorrichtung oder Formgebungsmaschine konzipiert sein.

BEZUGSZEICHENLISTE:

1	Messkanal
2	Zuführöffnung
3	Ausbringöffnung
4	Verdrängungskörper
	41 Hauptkolben
	42 weiterer Kolben
5	Drucksensor
6	Signalschnittstelle
7	Auswerteeinheit
8	Sperrventil
9	Antriebseinheit
10	Speichervolumen
11	Spülkanal
12	Schmelzekammer
13	Entgasungsöffnung
14	Weiche
15	Sperrventil
16	Werkzeug
17	Zufuhr für aufzuschmelzendes Material
18	Zufuhr für Additiv
19	Vorrichtung zum Erzeugen und/oder Transportieren von Schmelze
20	Pumpe
21	Kugelsperre
22	Aggregat
23	Hauptdosierer
24	Nebendosierer
M	Messanordnung
A,B,C	Düsenabschnitte

Patentansprüche

1. Mehrstufig ausgebildete Schmelzvorrichtung zum Erzeugen von Schmelze aus einem festen Material, insbesondere für eine Spritzgießmaschine, mit:
   - wenigstens einer Vorrichtung (19) zum Erzeugen und/oder Transportieren von Schmelze, insbesondere in Form einer drehbar und/oder verschiebbar gelagerten Schnecke, in wenigstens einer Schmelzekammer (12)
   - einer Schmelzekammer (12) einer ersten Stufe
   - einer Schmelzekammer (12) einer zweiten Stufe
   - zumindest einer Messanordnung mit wenigstens je
     - einem Messkanal (1), welcher als Abzweigung einer Schmelzekammer (12) der Schmelzvorrichtung ausgebildet ist
     - einer Zuführöffnung (2) für Schmelze zum Messkanal (1), welche mit einer Schmelzekammer (12) der Schmelzvorrichtung verbunden ist
     - einer Ausbringöffnung (3) für Schmelze aus dem Messkanal (1)
     - einem Verdrängungskörper (4), welcher zum Verdrängen von Schmelze aus dem Messkanal (1) über die Ausbringöffnung (3) mit einem bekannten Antriebsprofil antreibbar ist, oder einer Pumpe zum Erzeugen eines Volumenstroms
     - einem Drucksensor (5) zum Bestimmen eines Drucks in der Schmelze im Messkanal (1)
     - einer Signalschnittstelle (6) zum Übermitteln des vom Drucksensor (5) bestimmten Drucksignales an eine Auswerteeinheit (7)
   - einer Auswerteeinheit (7), welche mit der Signalschnittstelle (6) der zumindest einen Messanordnung in Verbindung bringbar ist oder mit dieser in Verbindung steht, wobei die Auswerteeinheit (7) dazu konfiguriert ist, aus einer Strömungsgeschwindigkeit der Schmelze beim Ausbringen der Schmelze aus dem Messkanal (1) und den über die Signalschnittstelle (6) übermittelten Drucksignalen eine rheologische Eigenschaft, vorzugsweise die Viskosität, der Schmelze zu bestimmen,

   dadurch gekennzeichnet, dass die Zuführöffnung (2) mit der Schmelzekammer (12) der ersten Stufe verbunden ist und die Ausbringöffnung (3) mit der Schmelzekammer (12) der zweiten Stufe verbunden ist.

2. Schmelzvorrichtung nach dem Anspruch 1, wobei entlang einer Längserstreckung des Messkanals (1) beabstandet voneinander wenigstens zwei Drucksensoren (5) angeordnet sind.

3. Schmelzvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei der Verdrängungskörper (4) als gemäß dem bekannten Antriebsprofil verschiebbarer Kolben oder drehbare Schnecke ausgebildet ist.

4. Schmelzvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Verdrängungskörper (4) mit einem Spülkanal (11) versehen ist.

5. Schmelzvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei zum Absperren der Zuführöffnung (2) ein Sperrventil (8) vorgesehen ist.

6. Schmelzvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Messkanal (1) und die Ausbringöffnung (3) in einer, vorzugsweise auswechselbaren, Düse ausgebildet sind.

7. Schmelzvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei zwischen Messkanal (1) und Zuführöffnung (2) ein Speichervolumen (10) angeordnet ist.

8. Schmelzvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei eine Antriebseinheit (9) zum Antreiben des Verdrängungskörpers (4) der zumindest einen Messanordnung mit einem bekannten Antriebsprofil vorgesehen ist.

9. Schmelzvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei zumindest eine Entgasungsöffnung (13) vorgesehen ist.

10. Schmelzvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei der Verdrängungskörper (4) in Form eines Hauptkolbens (41) ausgebildet ist, in welchem ein weiterer Kolben (42) bewegbar gelagert ist.

11. Schmelzvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei der Verdrängungskörper (4) gesondert von der Vorrichtung (19) zum Erzeugen und/oder Transportieren von Schmelze ausgebildet ist.
12. Schmelzvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei der Verdrängungskörper (4) durch die Vorrichtung (19) zum Erzeugen und/oder Transportieren von Schmelze gebildet wird.
13. Schmelzvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die Vorrichtung (19) zum Erzeugen und/oder Transportieren von Schmelze dazu konfiguriert ist, eine Verschiebebewegung zur Erzeugung einer Kompressionsentlastung durchzuführen.
14. Spritzgießmaschine mit einer Schmelzvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei die Schmelze durch die Vorrichtung (19) zum Erzeugen und/oder Transportieren von Schmelze in ein Werkzeug (16) injizierbar ist.

Hierzu 24 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

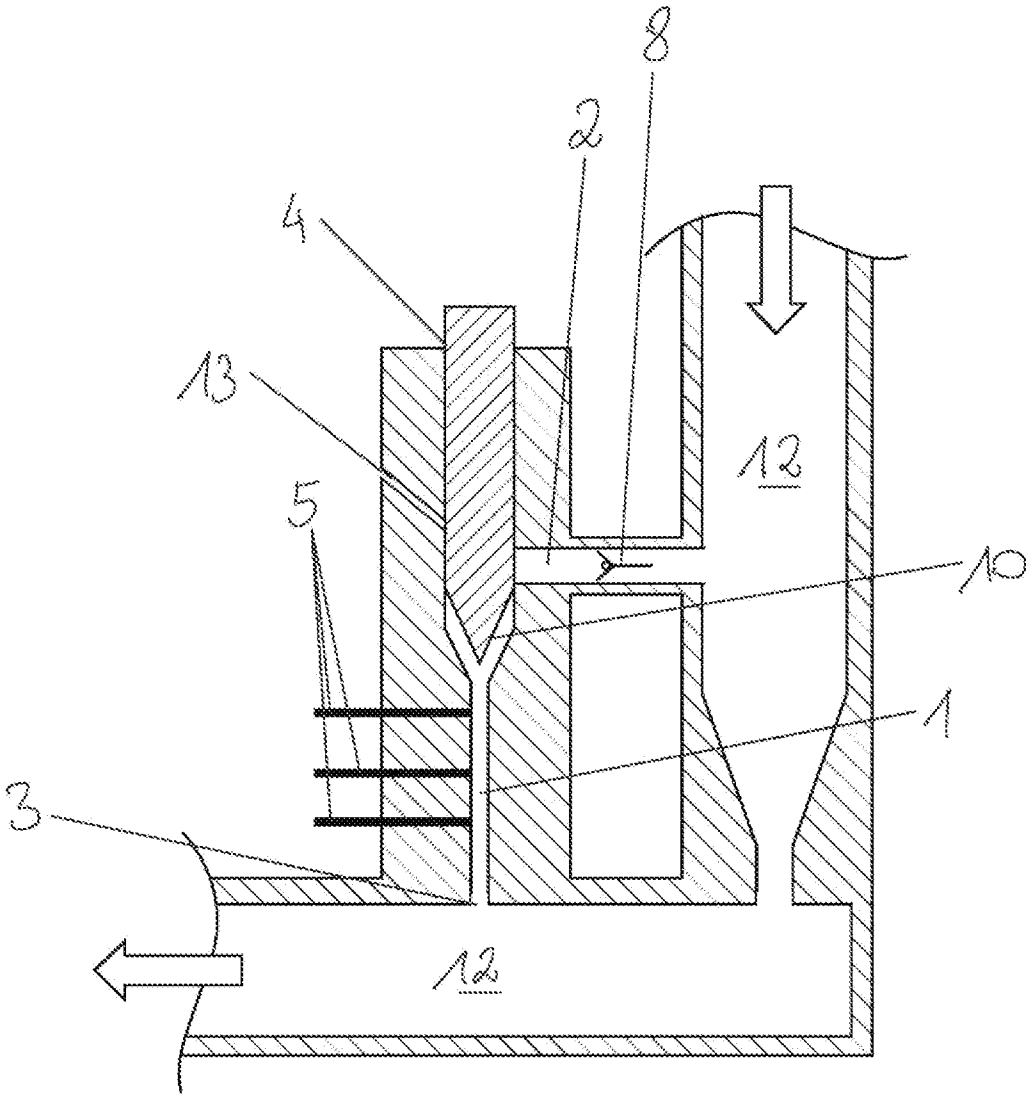


Fig. 2

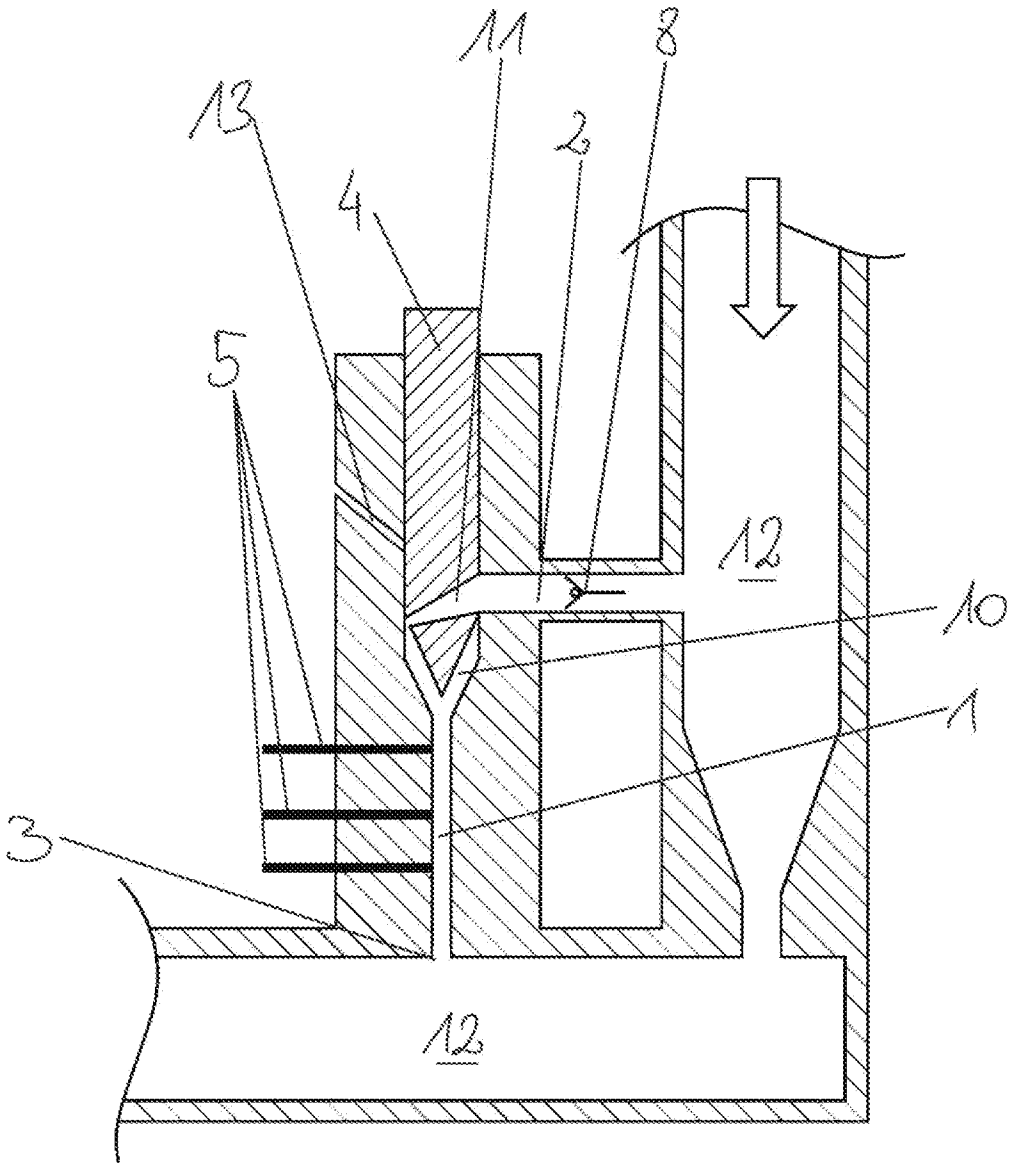


Fig. 3

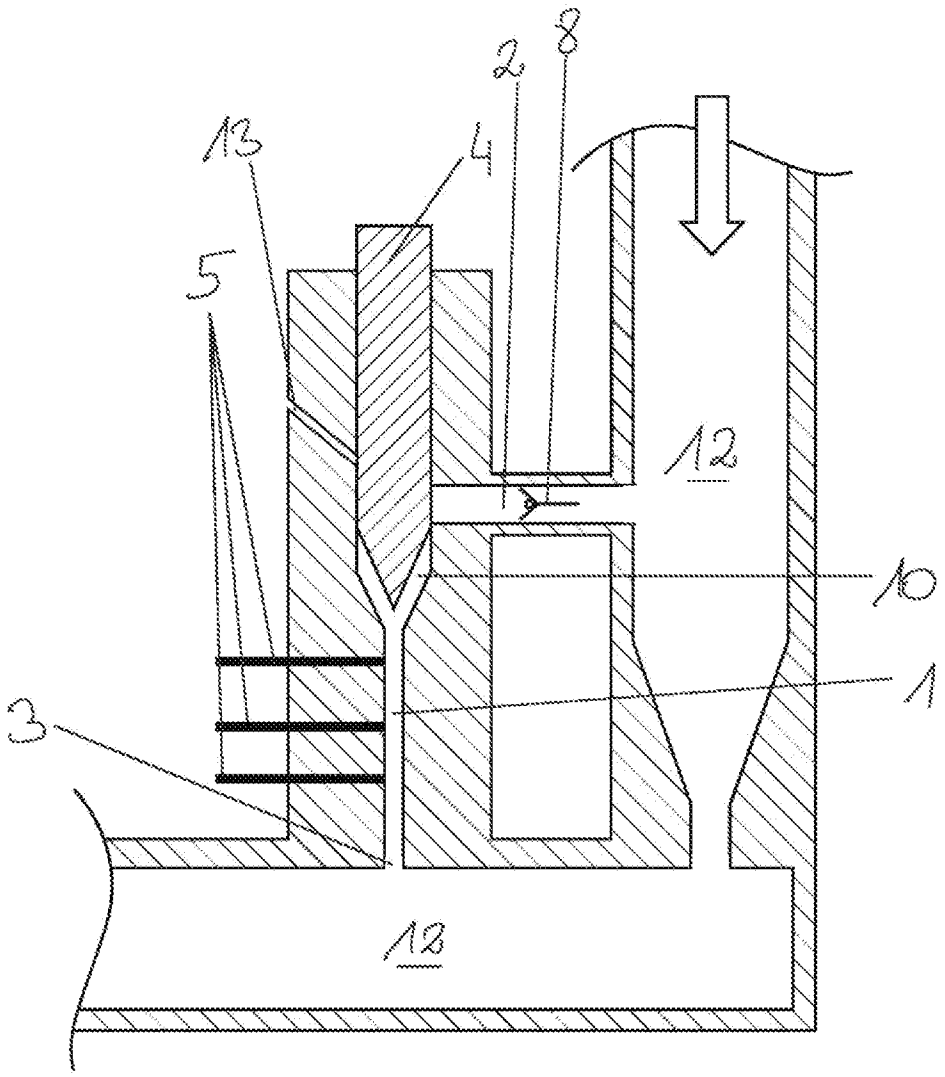


Fig. 4

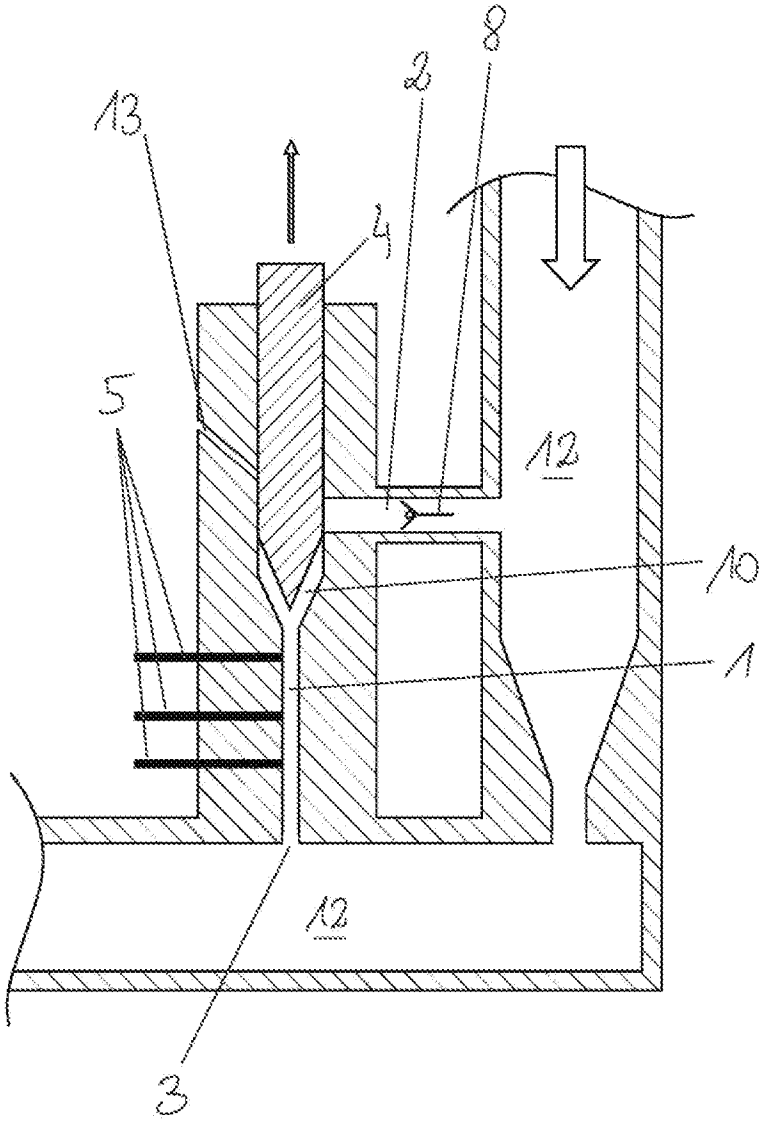


Fig. 5

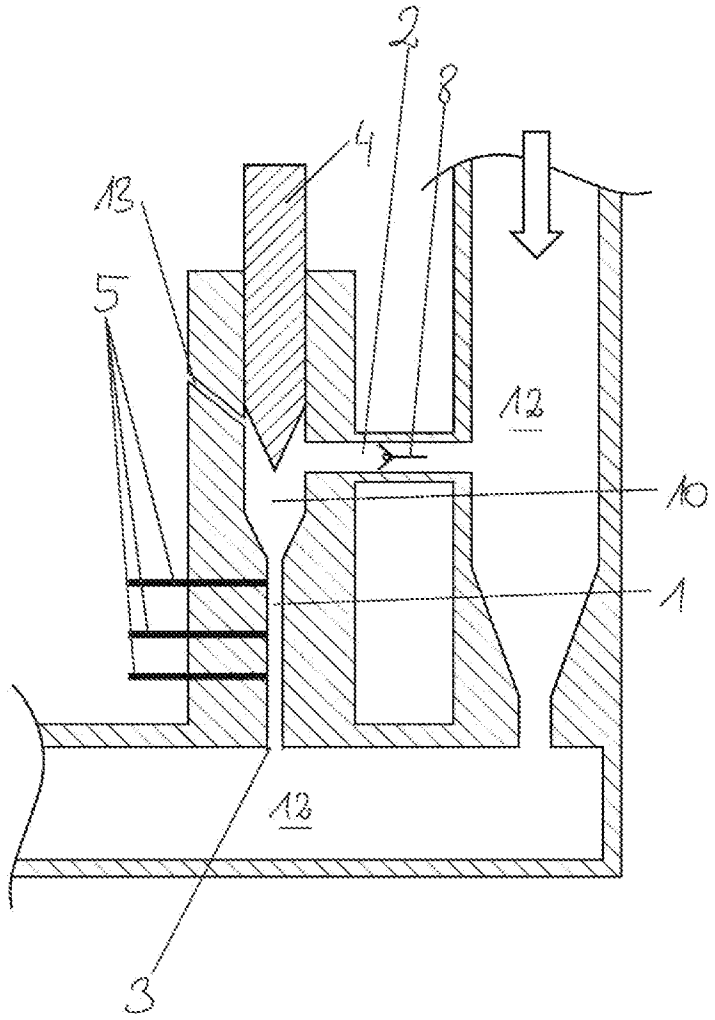


Fig. 6

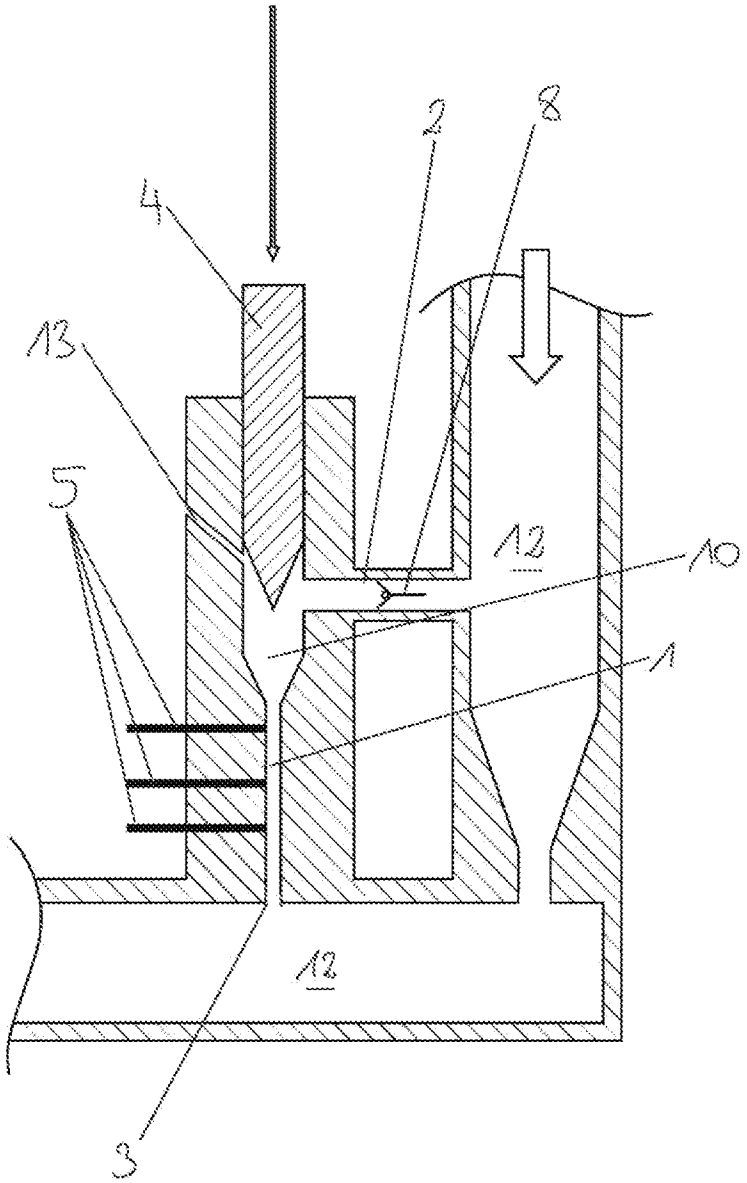


Fig. 7

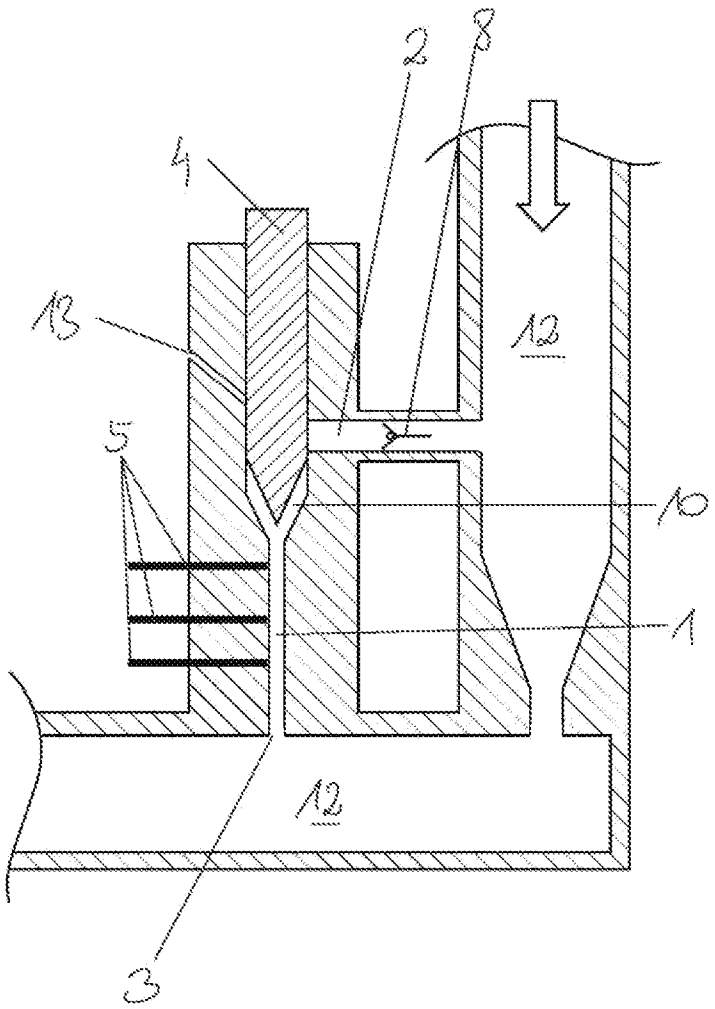


Fig. 8

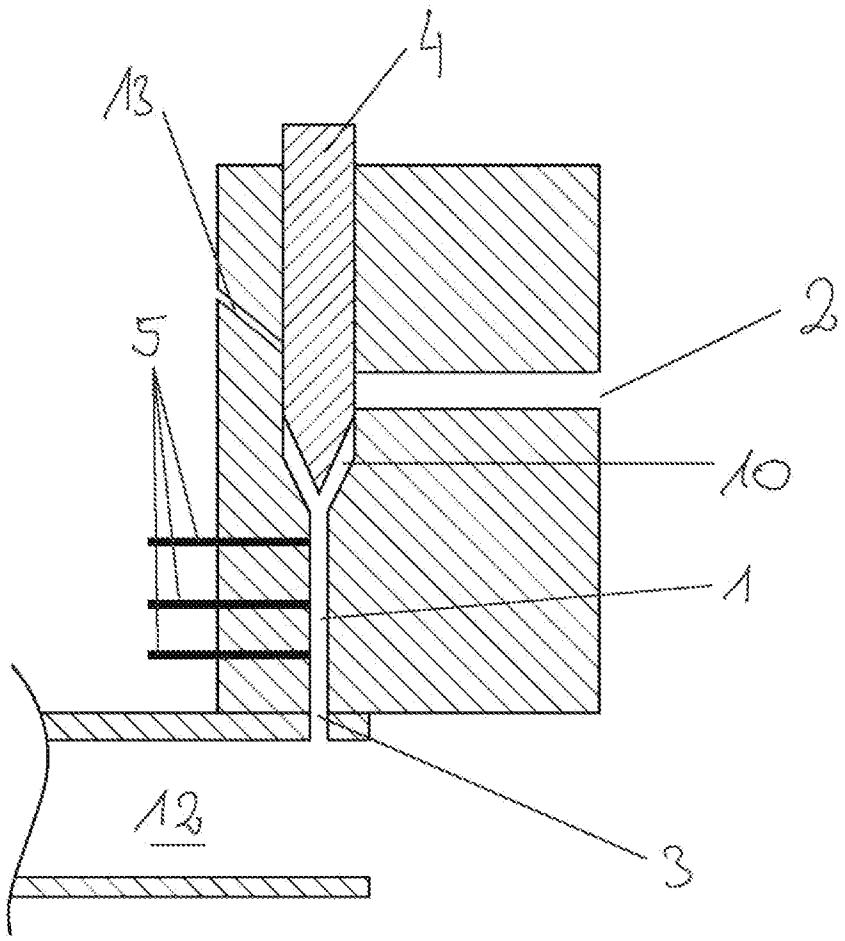


Fig. 9

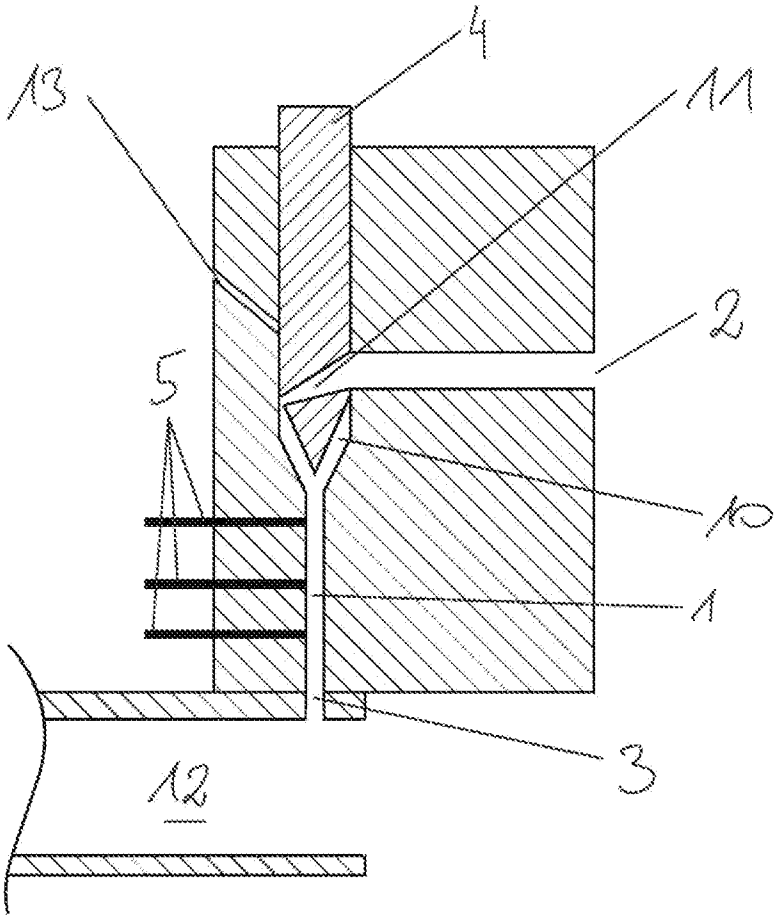


Fig. 10

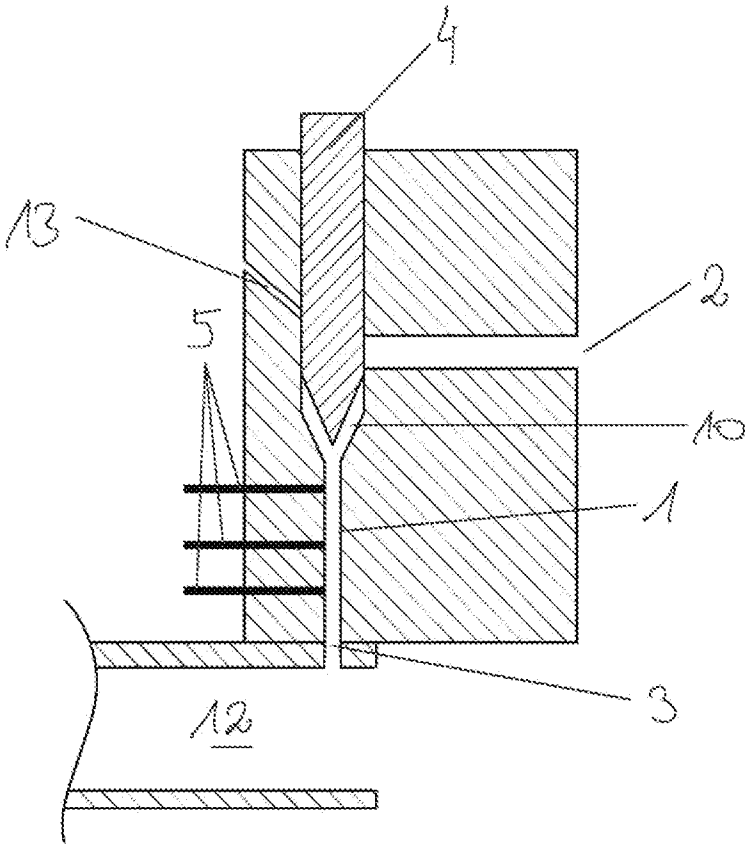


Fig. 11

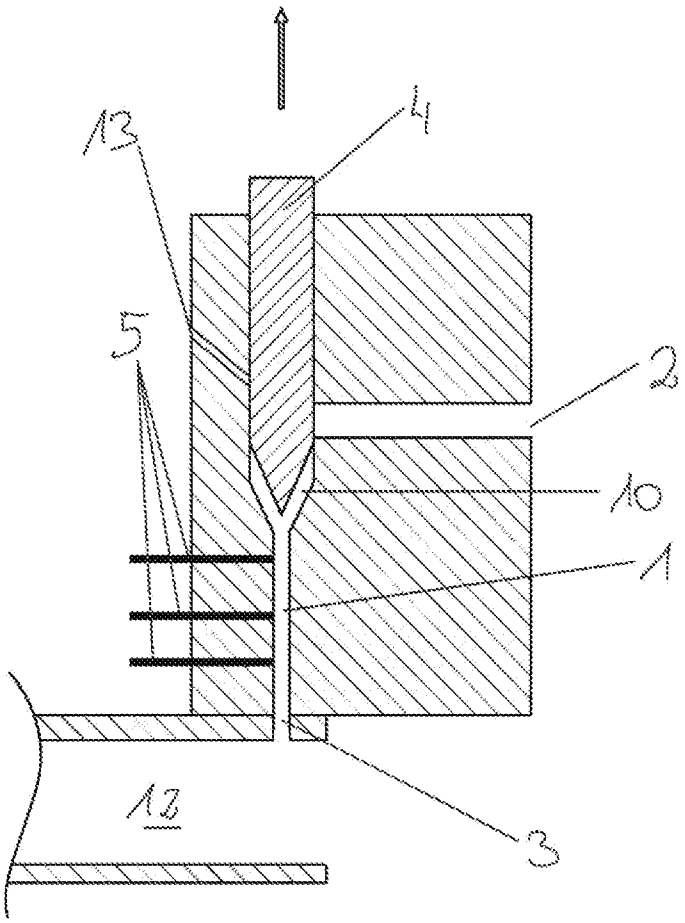


Fig. 12

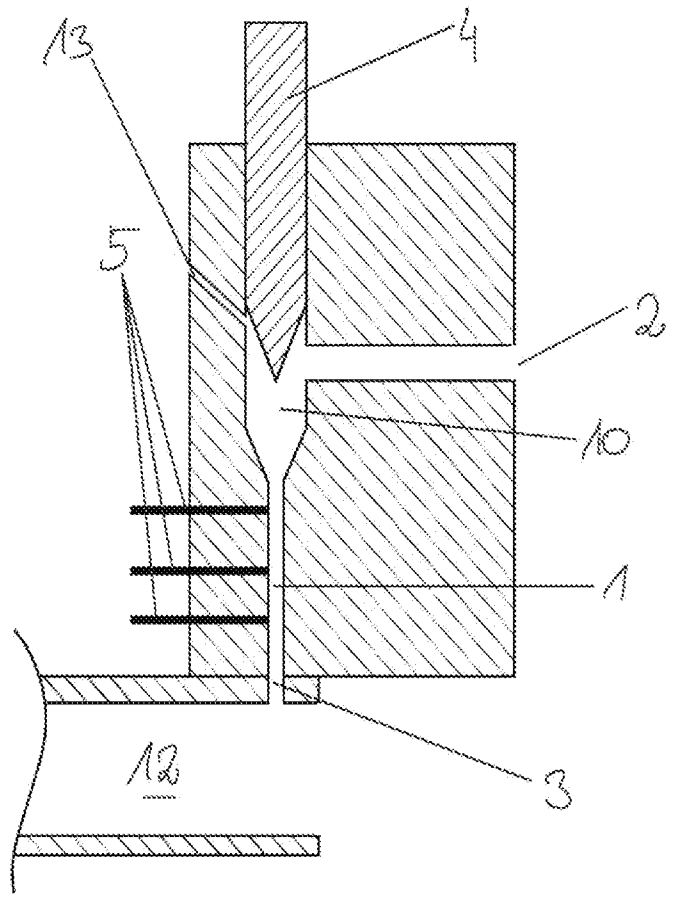


Fig. 13

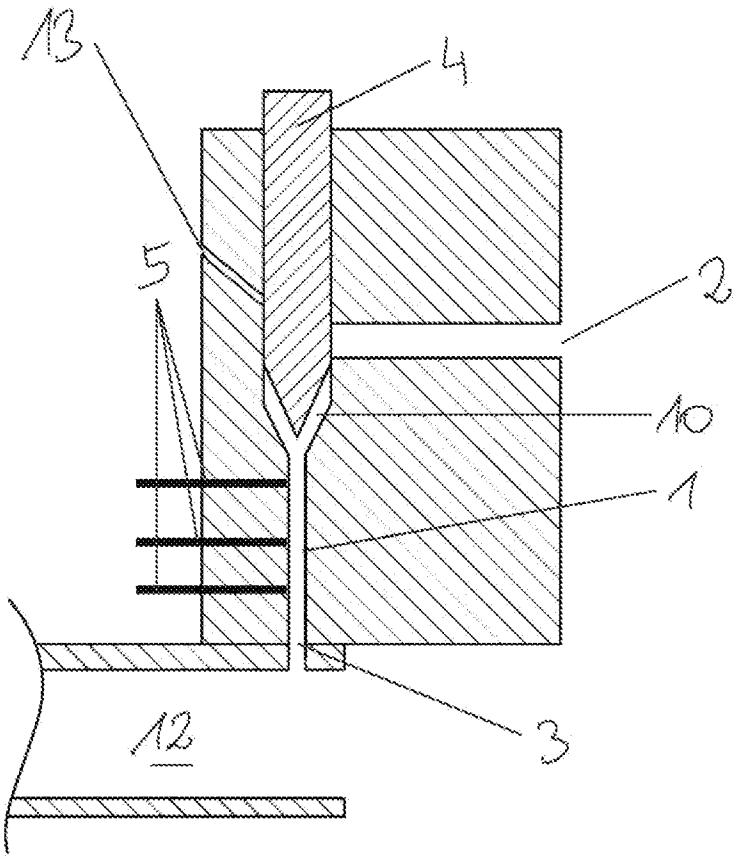


Fig. 14 Stand der Technik

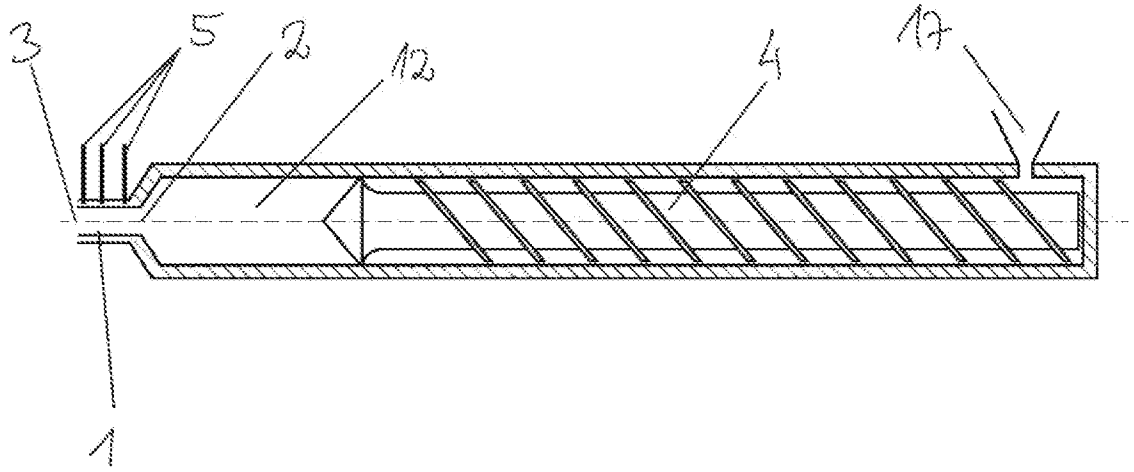


Fig. 15

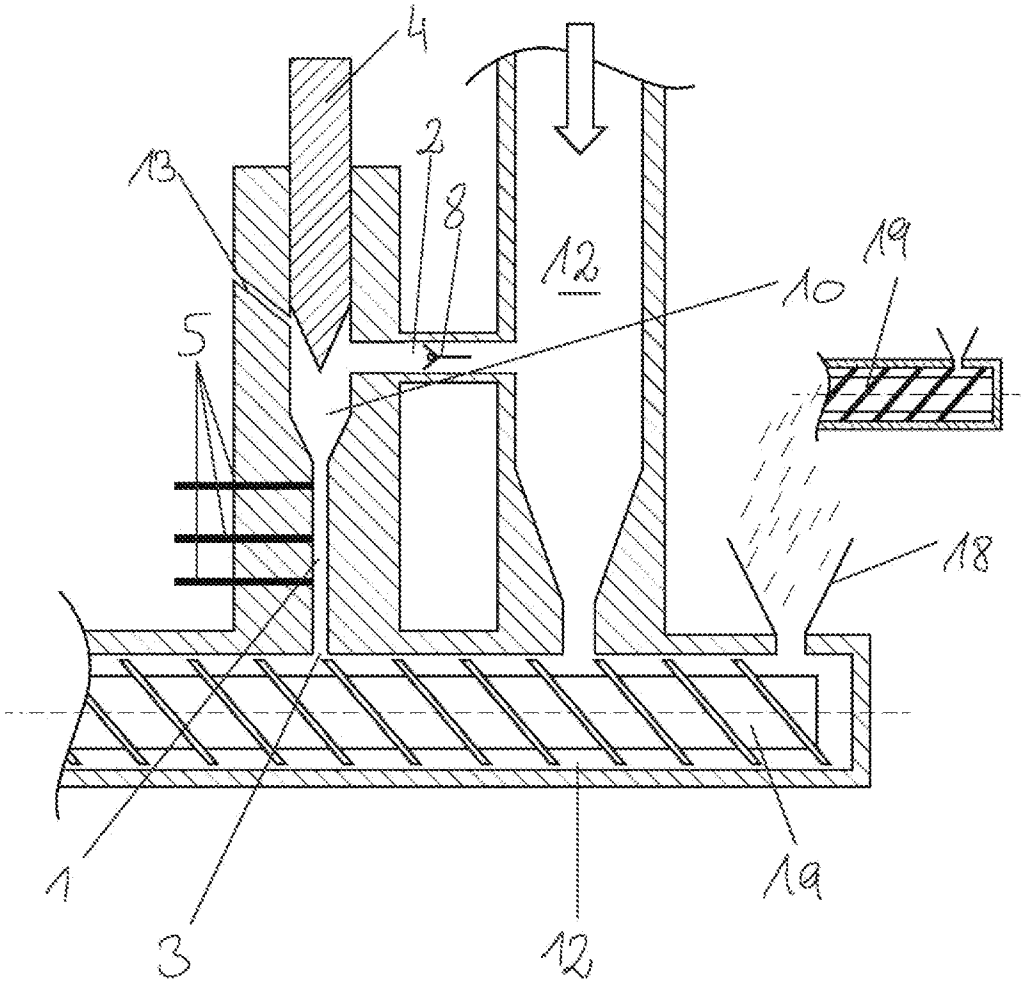


Fig. 16

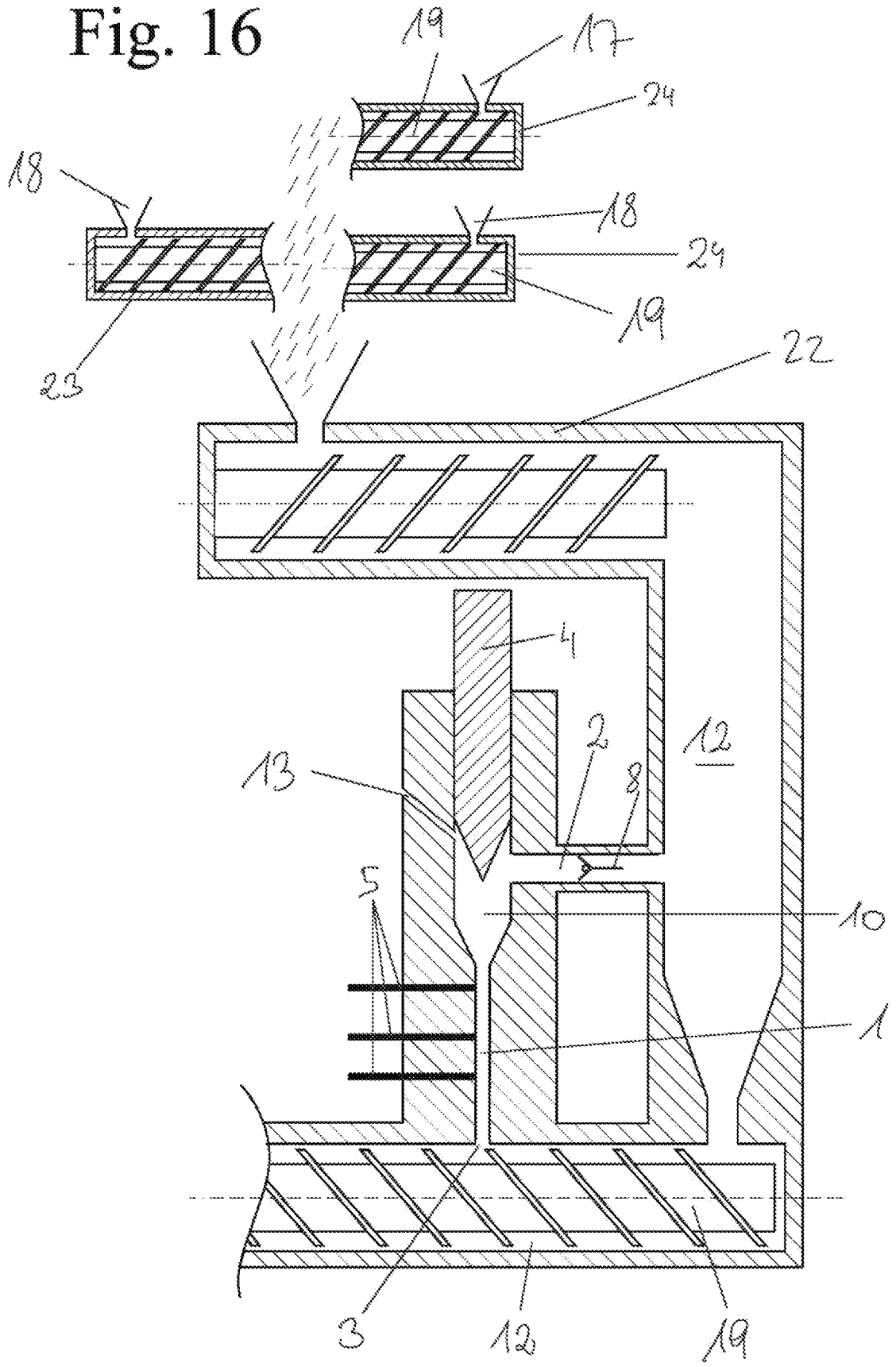


Fig. 17

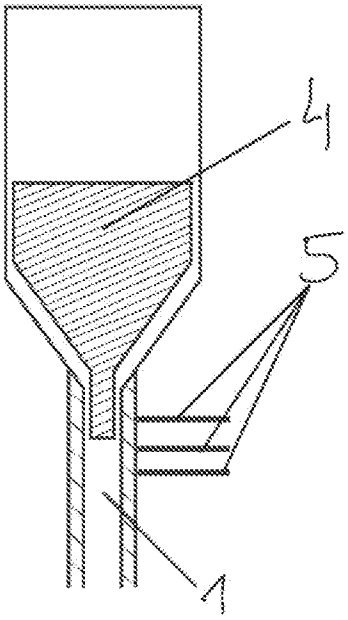


Fig. 18

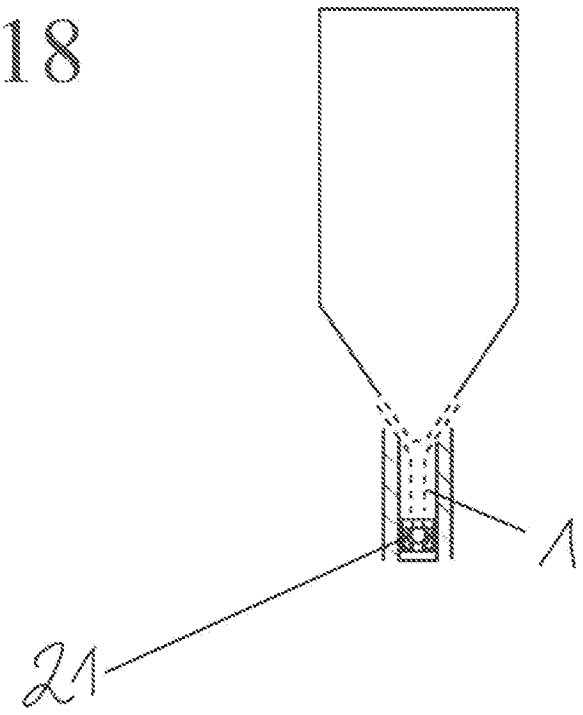


Fig. 19

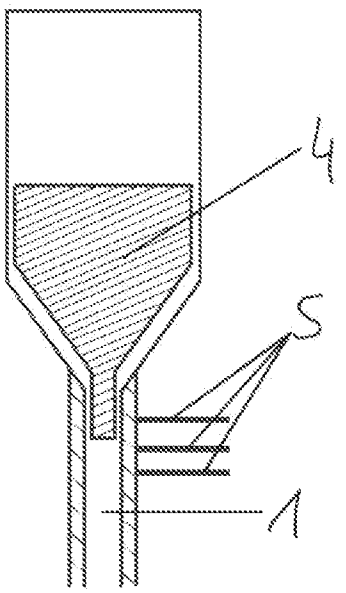


Fig. 20

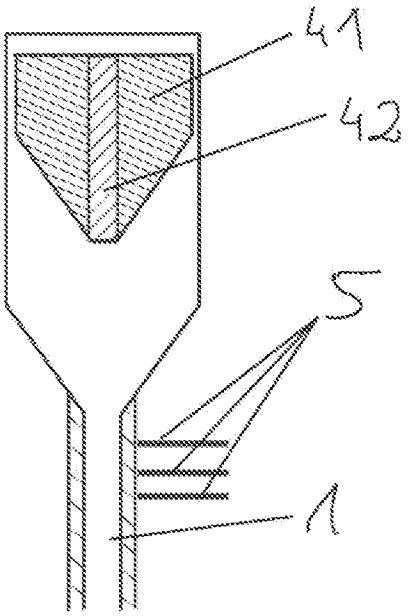


Fig. 21

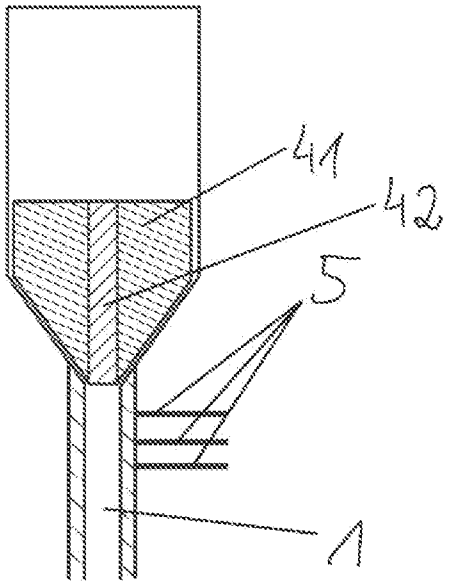


Fig. 22

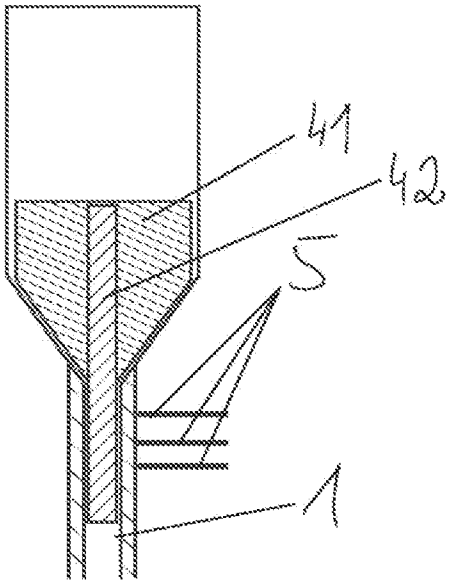


Fig. 23

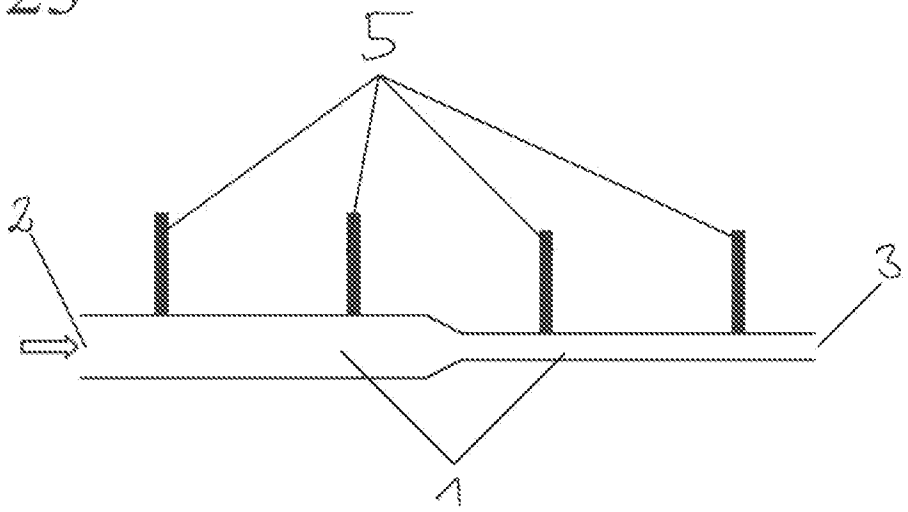


Fig. 24

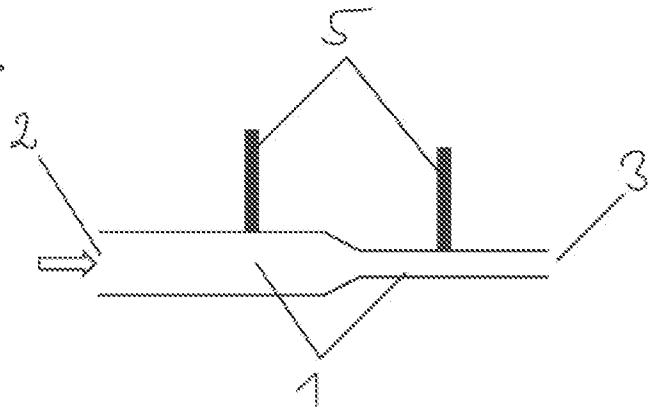


Fig. 25

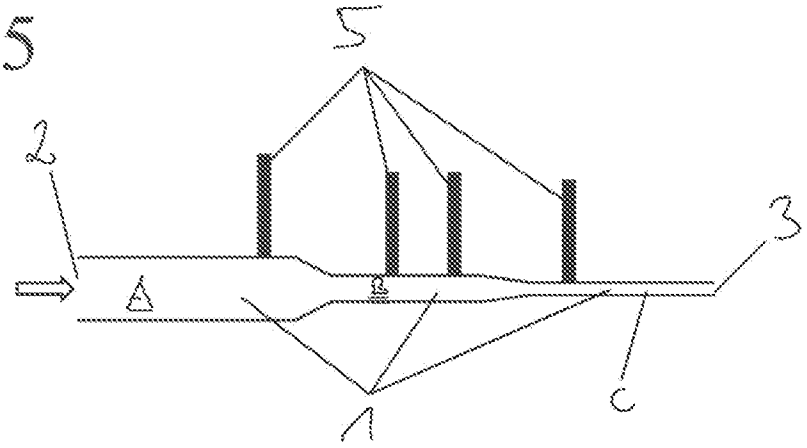


Fig. 26

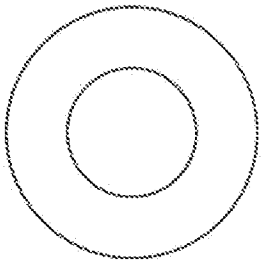


Fig. 27

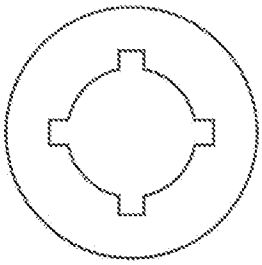


Fig. 28

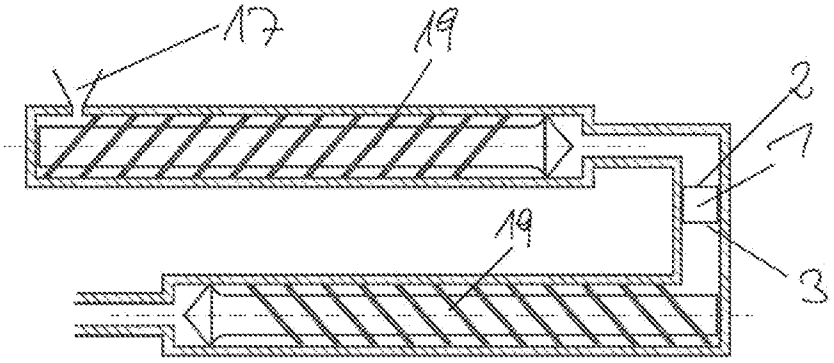


Fig. 29

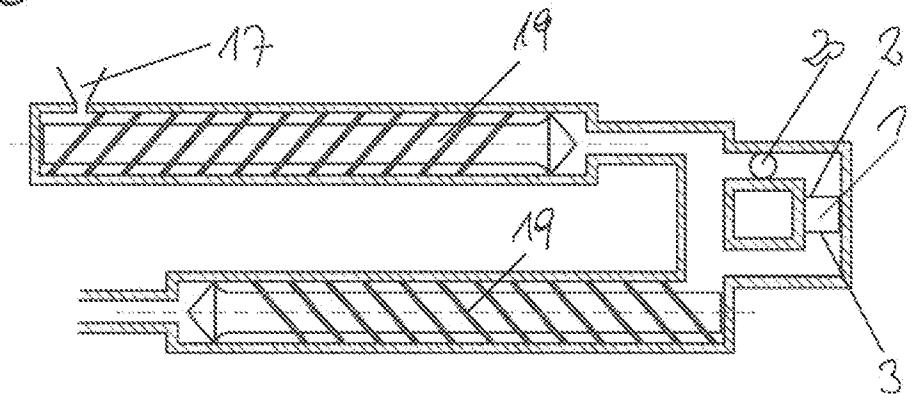


Fig. 30

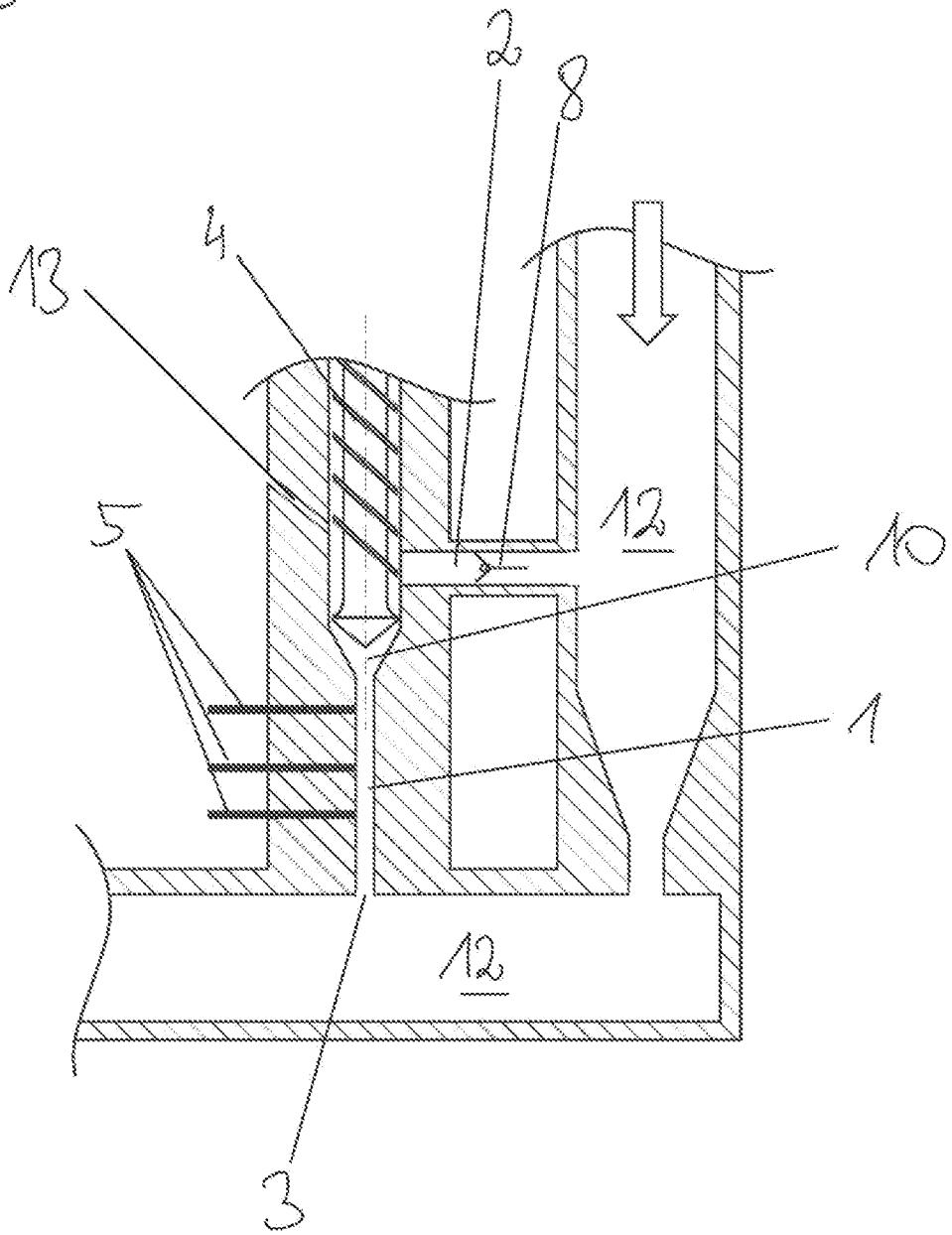


Fig. 31

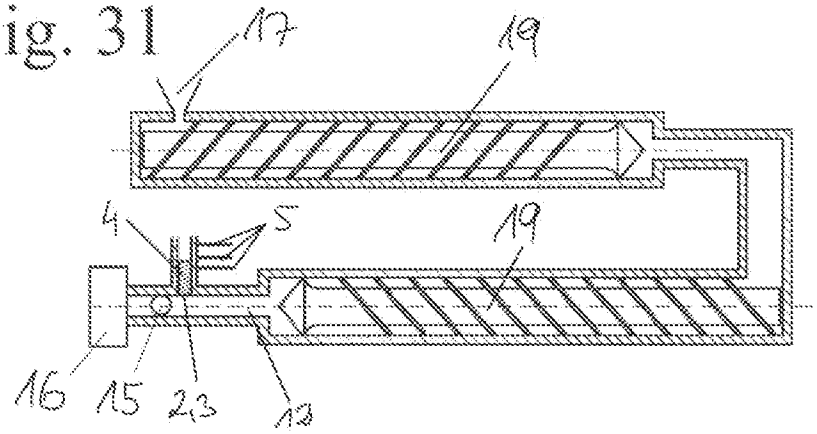


Fig. 32

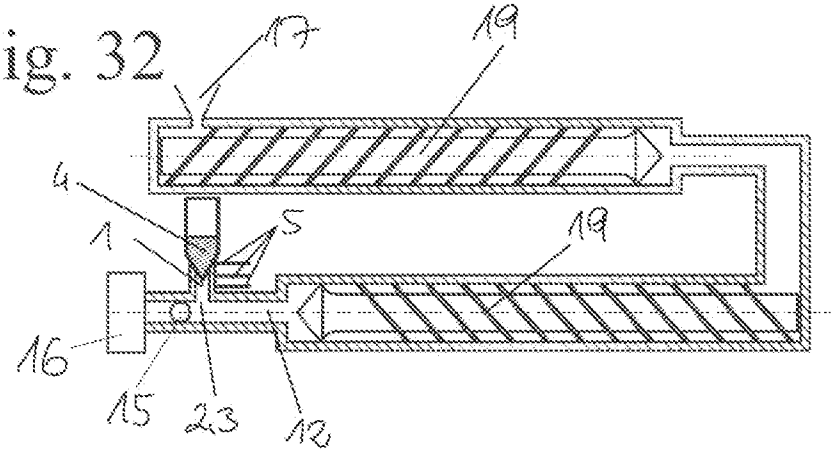


Fig. 33

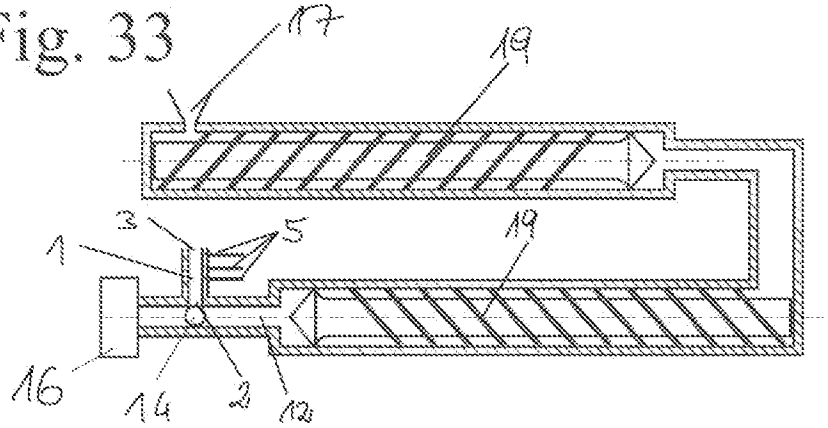


Fig. 34

