



(12) Ausschließungspatent

(11) DD 294 091 A5

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1
Patentgesetz der DDR
vom 27.10.1983
in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) G 01 N 11/04

DEUTSCHES PATENTAMT

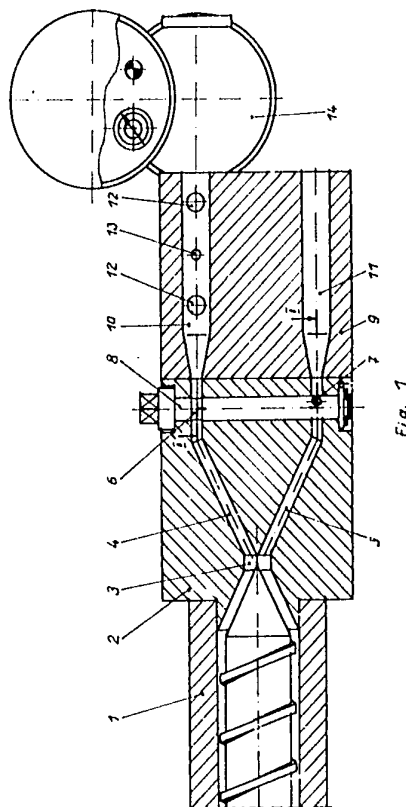
In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	DD G 01 N / 314 764 6	(22)	15.04.88	(44)	19.09.91
(71)	Technische Universität Chemnitz, Straße der Nationen 62, O - 9010 Chemnitz, DE				
(72)	Marinow, Slaweyko, Dr. sc. techn., BG; Steller, Ryszard, Dr.-Ing., PL; Broy, Werner, Dr. sc. techn., DE; Fischer, Hans-Dieter, Dr.-Ing., DE				
(73)	Technische Universität Chemnitz, Straße der Nationen 62, O - 9010 Chemnitz; Technische Hochschule „Carl Schorlemmer“, Leuna - Merseburg, Otto-Nuschke-Straße, O - 4200 Merseburg, DE				

(54) Verfahren und Vorrichtung zur Aufnahme von Fließkurven durch Kapillar-Rheometer

(55) Betriebspunkt; Drosselelement; Fließkurve; Förderleistung; Kapillarrheometer; Kolbenpresse; Meßkapillare; Stationarität; Stellglied; Strömung; Strömungsgeschwindigkeit; Stromteiler; Welle

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Aufnahme von Fließkurven durch Kapillarrheometer. Ziel und Aufgabe der Erfindung bestehen darin, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Aufnahme von Fließkurven durch Erzeugung einer variierbaren stationären Strömung in der Meßkapillare bei einem konstanten Betriebspunkt der als Plastizier-, Homogenisier- und Förderaggregat verwendeten Kolben- oder Schneckenpresse, bei dem eine möglichst große Förderleistung ohne Beeinträchtigung der Stationarität der Strömung in der Meßkapillare infolge auftretender Strömungsschwankungen vorliegt, zu schaffen. Erfindungsgemäß wird der Massesrom in zwei Teilströme aufgeteilt, die gleichen geometrischen und thermischen Bedingungen ausgesetzt und durch entsprechend angeordnete konstruktiv und größenmäßig gleiche Drosselelemente, die mittels eines gemeinsamen Stellgliedes gekoppelt verstellbar sind, so abhängig voneinander variiert werden, daß ihr Gesamtdurchsatz konstant bleibt. Die Erfindung ist bei allen bekannten Kapillarrheometern anwendbar und dient einer fehlerfreien rheologischen Charakterisierung fließfähiger Stoffe, wie Polymerlösungen, -dispersionen und -schmelzen. Die Erfindung wird am besten durch die Fig. 1 dargestellt. Fig. 1



Patentansprüche:

1. Verfahren zur Aufnahme von Fließkurven durch Kapillar-Rheometer, bei dem eine variiere Strömung in der Meßkapillare bei einem konstanten Betriebspunkt des Plastizier-, Homogenisier- und Förder-Aggregates und somit bei einem konstanten physikalischen Zustand des fließfähigen Stoffes vor dem Eintritt in die Meßkapillare durch Aufteilung des Massestromes in mindestens zwei abhängig voneinander variiere Teilströmen mit konstantem Gesamtdurchsatz erzeugt wird, **dadurch gekennzeichnet**,
 - daß die beiden Teilströme nach der Aufteilung gleichen geometrischen und thermischen Bedingungen in jeweiligen Strömungskanälen ausgesetzt werden, so daß die Variierung der Teilströme durch eine gekoppelt verstellbare gleichwertige Drosselung der Teilströme mit unterschiedlichen Vorzeichen in der Weise erfolgt, daß bei einer Verringerung des Durchsatzes des einen Teilstromes eine gleichwertige Erhöhung des Durchsatzes des anderen Teilstromes zugleich stattfindet,
 - und daß ein konstanter Betriebspunkt des Plastizier-, Homogenisier- und Förder-Aggregates für jeden zu untersuchenden Stoff über eine entsprechende Änderung von Schneckendrehzahl oder von Kolbenvorschubgeschwindigkeit und nach Bedarf und von Zylinderwandtemperatur so eingestellt wird, daß bei einer möglichst großen Förderleistung eine ausreichende zeitliche Konstanz des physikalischen Zustandes des Stoffes in ortsfesten Querschnitten herrscht und somit keine Beeinträchtigung der Stationarität der variiere Strömung in der Meßkapillare infolge auftretender Strömungsschwankungen vorliegt, wobei die auf Grundlage der aus der meßtechnisch erfaßten Zeitfunktionen des Volumendurchsatzes $\dot{V}(t)$ und der Druckgefälle $\Delta p(t)$ ermittelten maximalen Schwankungsamplituden und Mittelwerten von Volumendurchsatz ($\dot{V}_{1,max}$ bzw. \bar{V}) und Druckgefälle ($\Delta p_{1,max}$ bzw. $\bar{\Delta p}$) sowie von an sich bekannten Beziehungen zwischen pulsierenden Strömungen und den bei ihren mittleren Druckgefällen vorausgesetzten stationären Strömungen bestimmte Differenz zwischen dem mittleren Volumendurchsatz (\bar{V}) der herrschenden Strömung in der Meßkapillare und dem Volumendurchsatz (\dot{V}_s) der bei dem herrschenden mittleren Druckgefälle ($\bar{\Delta p}$) vorausgesetzten stationären Strömung annähernd gleich Null ist oder einen vorgegebenen zulässigen Wert nicht überschreitet.
2. Vorrichtung zur Aufnahme von Fließkurven durch Kapillar-Rheometer, **dadurch gekennzeichnet**, daß am Austrittsende des Plastizier-, Homogenisier- und Förder-Aggregates (1) ein Stromteiler (2) angeordnet ist, welcher Einlaufkanäle (3) in zwei Auslaufkanäle (4 und 5) gleicher Geometrie aufgeteilt ist, die mit konstruktions- und größenmäßig gleichen Drossелеlementen versehen sind, welche mittels eines gemeinsamen Stellgliedes so gekoppelt verstellbar sind, daß der summiere Fließwiderstand der Auslaufkanäle (4 und 5) konstant bleibt und nach dem Stromteiler (2) ist ein Düsenkörper (9) versehen mit einer Meßkapillare (10) mit erforderlichen an sich bekannten Temperaturmeßgebern (13) sowie mit mindestens zwei in Strömungsrichtung versetzt angeordneten bekannten Druckgebern (12) und einer Durchsatzmeßeinrichtung (14) so ausgerüstet ist, daß der momentane Volumendurchsatz $\dot{V}(t)$ und die momentanen Druckgefälle $\Delta p(t)$ meßtechnisch erfaßt werden.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine im Stromteiler (2) quer der Auslaufkanäle (4 und 5) gelagerte Welle (8 oder 15) in den Bereichen der Auslaufkanäle (4 und 5) mit zueinander um einen Winkel (α) versetzten Querbohrungen (6 und 7) mit gleichen Durchmessern oder mit zueinander um einen Winkel (β) versetzten Drosselschaufeln (16 und 17), die von durch Symmetrische Ausfräsungen gleichen Breiten und Tiefen entstandenen Flächen (18 bzw. 19) ausgebildet sind, so versehen ist, daß, wenn ein Auslaufkanal (4 bzw. 5) durch entsprechendes Verdrehen der Welle (8 oder 15) gerade vollständig geöffnet wird, wird der andere Auslaufkanal (5 bzw. 4) zugleich geschlossen, wobei die als gemeinsames Stellglied für die gekoppelte Verstellung der so ausgebildeten konstruktions- und größenmäßig gleichen Drossелеlemente in den Auslaufkanälen (4 und 5) dienende Welle (8 oder 15) in definierbaren Stellungen in an sich bekannter Weise fixierbar ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine im Stromteiler (2) quer der Strömungsrichtung gelagerte Welle (21) einen mittleren Bereich (22) mit kleinerem Durchmesser und einer Breite nicht kleiner als den Durchmesser des Einlaufkanals (3) aufweist, wodurch eine ringförmige Verlängerung (23) des Einlaufkanals (3) ausgebildet wird, die durch um einen Winkel (γ) versetzt zueinander angeordneten taschenartigen Ausfräsungen (26 u. 27) mit einer Breite gleich dem Durchmesser der Auslaufkanäle (4 und 5) auf die Wellenbereiche (24 und 25), die

- die ringförmige Verlängerung (23) des Einlaufkanals (3) seitlich begrenzen, mit den Auslaufkanälen (4 und 5) so verbunden wird, daß, wenn ein Auslaufkanal (4 bzw. 5) bei einer Verdrehung der Welle (21) durch die jeweilige taschenartige Ausfräsung (26 bzw. 27) gerade vollständig geöffnet wird, wird der andere Auslaufkanal (5 bzw. 4) durch die Mantelfläche des jeweiligen Wellenbereiches (25 bzw. 24) zugleich gerade geschlossen, wobei die als gemeinsames Stellglied der so ausgebildeten konstruktions- und größenmäßig gleichen Drosselemente dienende Welle (21) in definierbaren Stellungen in an sich bekannter Weise fixierbar ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine im Stromteiler (2) quer der Auslaufkanäle (4 und 5) gelagerte Welle (28) zwei Schäfte (30 und 31) mit gleichen Durchmessern und einem mittleren Bereich (32) mit einem größeren Durchmesser und einer solchen Länge aufweist, so daß, wenn ein Auslaufkanal (5 bzw. 4) durch die Mantelfläche des mittleren Bereiches (32) gerade geschlossen wird, der andere Auslaufkanal (4 bzw. 5) zugleich vollständig geöffnet wird, wobei die als gemeinsames Stellglied der so ausgebildeten konstruktions- und größenmäßig gleichen Drosselemente dienende Welle (28) durch einen an sich bekannten Mechanismus (29) axial verschiebbar und in definierbaren Stellungen fixierbar ist.

Hierzu 4 Seiten Zeichnungen

Anwendung der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Aufnahme von Fließkurven durch Kapillar-Rheometer bei einer geräteinvarianten Verifizierung von einfachen stationären Strömungen. Sie dienen der reproduzierbaren Bestimmung fehlerfreier rheologischer Kenngrößen und Funktionen von fließfähigen Stoffen, insbesondere von Polymerlösungen, -dispersionen und -schmelzen, und sind bei allen bekannten Kapillar-Rheometern anwendbar.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Zur Aufnahme von Fließkurven in einen relativ breiten Schergeschwindigkeitsbereich von $10^{-1} \dots 5 \cdot 10^3 \text{ s}^{-1}$ bei der Untersuchung des rheologischen Verhaltens fließfähiger Stoffe werden bekanntlich verschiedene Kapillar-Rheometer verwendet (Walters, K., Rheometry, Chapman and Hall, London 1975). Die Aufnahme kapillarrheometrischer Fließkurven besteht darin, den zeitlichen Volumendurchsatz durch eine Meßkapillare und den dazugehörigen axialen Druckgradienten meßtechnisch zu erfassen. Zu diesem Zweck wird die Meßkapillare mit entsprechenden Meßfühlern für Druck, Temperatur und eventuell für Durchsatzleistung versehen.

Der zu untersuchende Stoff wird zunächst in einem Plastizier-, Homogenisier- und Förder-Aggregat in einen definierten fließfähigen Zustand überführt. Im allgemeinen werden dafür Kolben- oder Schnecken-Pressen entsprechender Größe verwendet. Am Austrittsende des Massezylinders der verwendeten Presse ist ein austauschbarer Düsenkörper, der mit einer Meßkapillare definierter Geometrie versehen ist, befestigt.

Zur Gewinnung von Fließkurven müssen der Volumendurchsatz durch die Meßkapillare und der axiale Druckgradient in der Meßkapillare in einem bestimmten Wertebereich variiert werden. Das wird entweder unmittelbar mit Veränderung des Druckes am Eingang der Meßkapillare durch Änderung der Kolbenvorschubgeschwindigkeit oder der Schneckendrehzahl, je nach verwendetem Plastizier-, Homogenisier- und Förder-Aggregat, oder mit einer direkten Änderung des Volumendurchsatzes durch die Meßkapillare durch geeignete Drosselemente realisiert.

Die Variierung des Volumendurchsatzes bzw. des Druckgradienten in der Meßkapillare ist somit immer mit einer entsprechenden Änderung des Betriebspunktes des Plastizier-, Homogenisier- und Förder-Aggregates und somit des physikalischen Zustandes und der Verweilzeit des untersuchten Stoffes im Plastizier-, Homogenisier- und Förder-Aggregat (bzw. in der Kolben- oder Schneckenpresse) verbunden. Die unter solchen Bedingungen aufgenommenen Fließkurven liefern fehlerbehaftete rheologische Stoffkennwerte und -funktionen, so daß vor allem die Aufklärung von Zusammenhängen zwischen rheologischem Verhalten und Struktur des Stoffes und somit von Möglichkeiten für gezielte Einwirkung auf rheologische Eigenschaften, beeinträchtigt wird.

Es wurde bereits vorgeschlagen (DD-PS 99659) diesen Nachteil dadurch zu beheben, indem der bei einem konstanten Betriebspunkt des Plastizier-, Homogenisier- und Förder-Aggregates herrschende Massestrom in mindestens zwei veränderbare Teilströme mit konstantem Gesamtdurchsatz aufgeteilt wird, wobei mindestens einer eine Meßkapillare passiert. Somit wird ein variabler Massestrom in der Meßkapillare bei Gewährleistung der Konstanz des physikalischen Zustandes und der Verweilzeit des zu untersuchenden Stoffes im Plastizier-, Homogenisier- und Förder-Aggregat erzielt.

Die Teilung des konstanten Massestromes in veränderbare Teilströme erfolgt durch die Kanäle eines Stromteilers, wobei jeder Kanal eines Teilstromes ein Drosselement besitzt, wodurch die einzelnen Teilströme so aufeinander abgestimmt werden, daß der Gesamtstrom konstant bleibt. Hierfür ist der als Meßkapillare ausgestattete Kanal mit einem unabhängig verstellbaren Drosselement versehen und ein von seiner Drosselstellung abhängig veränderbares Drosselement ist im übrigen Ausgleichskanal zugeordnet. Die Realisierung dieses in DD-PS 99659 vorgeschlagenen Konzeptes zur Aufteilung des Massestromes in mindestens zwei veränderbare Teilströme durch entsprechende abhängig und unabhängig veränderbare Drosselemente bei Gewährleistung der Konstanz des Gesamtstromes ist sehr aufwendig und kompliziert. Außerdem ist eine Realisierung aus gerätebaulichen Gründen nicht bei allen Typen von Kapillar-Rheometern möglich.

Eine der wesentlichsten Voraussetzungen zur Erfassung rheologischer Stoffkennwerte oder -funktionen anhand gewonnener Fließkurven besteht in der Gewährleistung der Stationarität der Strömung in der Meßkapillare (Walters, K.; Rheometry, Chapman and Hall, London 1975).

Aus bereits bekannten Untersuchungen (Kirby, S. B.: SPE Journal 18 [1962] S. 1273; Krüger, W. L.: SPE Journal 18 [1962] S. 1282; Girerich, N.: Plastverarbeiter 25 [1974] S. 784; Marinow, Sl.: Plaste und Kautschuk 22 [1975] S. 568; Rasch, E. Dissertation A, TH Leuna-Merseburg, 1975; Marinow, Sl. und Steller, R.: Plaste und Kautschuk, 32, [1985] S. 370; Han, G. D. u. Lamonte R. R.: Polym. Eng. Sci. 11 [1971] S. 385; 12 [1972] S. 77) geht hervor, daß Plastizier-, Homogenisier- und Förder-Vorgänge infolge der Streuung der Stoffeigenschaften und der vorliegenden dynamischen Beziehungen zwischen geometrisch-kinetischen und thermischen Bedingungen und der Stoffeigenschaften stochastischen Störungen ausgesetzt werden. Die Intensität dieser Vorgänge ändert sich dabei in ziemlich regelmäßigen Zeitabständen und bewirkt eine näherungsweise periodische Schwankung der Zustandsparameter Druck und Temperatur des Stoffes im Plastizier-, Homogenisier- und Förder-Aggregat und seiner Förderleistung.

Im Zusammenhang mit der Kontinuität des Massestromes wird hierdurch auch die Strömung in der Meßkapillare gestört, indem zeitliche Schwankungen von Temperatur, Druckgradient und Durchsatz hervorgerufen werden.

Bei den dadurch bedingten zeitlichen Änderungen des Fließfeldes kann die Existenz einer stationären Strömung in der Meßkapillare nicht angenommen werden. (Steller, R.: Dissertation A, TH Leuna-Merseburg, 1979; Marinow, Sl. u. Steller, R.: Plaste und Kautschuk, 32 [1985] S. 346). Die Anwendung von unter solchen Bedingungen aufgenommenen Fließkurven für die Bestimmung rheologischer Stoffkennwerte und -funktionen kann zu erheblichen Fehlern führen.

Mit Erhöhung der Förderleistung des Plastizier-, Homogenisier- und Förder-Aggregates wird im allgemeinen eine Verstärkung der Strömungsschwankungen in der Meßkapillare hervorgerufen. Eine annähernd stationäre Strömung in der Meßkapillare der bekannten Kapillar-Rheometer wird deswegen nur bei relativ geringen Förderleistungen realisiert, wodurch auch die obere Schergeschwindigkeit in der Meßkapillare bei Aufnahme von Fließkurven begrenzt wird.

Bereits bekannte Untersuchungen (Rasch, E. Dissertation A, TH Leuna-Merseburg, 1975; Steller, R.: Dissertation A, TH Leuna-Merseburg, 1979; Marinow, Sl. u. Steller, R.: Plaste u. Kautschuk 32 [1985] S. 370; Han, C. D. u. Lamonte, R. R.: Polym. Eng. Sci. 11 [1971] S. 385, 12 [1972] S. 77) weisen aber auch darauf hin, daß die Amplitude und die Frequenz der Strömungsschwankungen in der Meßkapillare von den geometrisch-kinematischen und den thermischen Bedingungen im Plastizier-, Homogenisier- und Förder-Aggregat sowie von den rheologisch-thermodynamischen Eigenschaften des Stoffes abhängig sind. Ein Verstellen von Betriebsparametern des Plastizier-, Homogenisier- und Förder-Aggregates kann somit zu einer Verringerung oder Verstärkung der Intensität der Strömungsschwankungen in der Meßkapillare führen. Der Prozeßablauf am Plastizier-, Homogenisier- und Förder-Aggregat kann somit als die Störquelle für auftretende Strömungsschwankungen in der Meßkapillare betrachtet werden. In diesem Zusammenhang wurden bereits auch Steuerungskonzeptionen zur Kompensation von unzulässigen Strömungsschwankungen durch Einstellen von entsprechend günstigen kinematischen und thermischen Bedingungen im Plastizier-, Homogenisier- und Förder-Aggregat anhand von meßtechnisch überwachten Parametern der Strömungsschwankungen vorgeschlagen (Möllmann, H.-J., Dissertation A, TH Leuna-Merseburg 1980; Marinow, Sl. u. Möllmann, H.-J.: Plaste und Kautschuk 31 [1984] S. 378; Marinow, Sl. Reprint Technomer '85, Karl-Marx-Stadt 1986 Bd. 1 S. 138).

Durch die Streuung der Stoffeigenschaften und durch die herrschenden dynamischen Beziehungen zwischen den geometrisch-kinematischen und thermischen Bedingungen und den Stoffeigenschaften werden entsprechend inhomogene Strömungs-, Temperatur- und Verweilzeitprofile im Plastizier-, Homogenisier- und Förder-Aggregat vorliegen, so daß im Zusammenhang mit der thermischen Stabilität des Stoffes nur zeitlich begrenzte thermomechanische Belastungen in bekannten Kapillar-Rheometern realisiert werden können. Hierdurch wird die untere Schergeschwindigkeit in der Meßkapillare bei Aufnahme von Fließkurven begrenzt.

Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung besteht darin, Fließkurven durch Kapillar-Rheometer in relativ breite Temperatur- und Schergeschwindigkeitsbereiche aufzunehmen, die eine fehlerfreie Ermittlung rheologischer Stoffkennwerte und -funktionen von fließfähigen Stoffen gewährleisten.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erzielung einer variablen stationären Strömung in der Meßkapillare bei einem konstanten physikalischen Zustand des fließfähigen Stoffes am Eingang der Meßkapillare zu schaffen, so daß der Volumendurchsatz nur von dem herrschenden Druckgradienten in der Meßkapillare und den rheologischen Eigenschaften des fließfähigen Stoffes abhängt. Die Konstanz des physikalischen Zustandes des zu untersuchenden Stoffes vor dem Eintritt in die Meßkapillare soll bei einem konstanten Betriebspunkt des Plastizier-, Homogenisier- und Förder-Aggregates erzielt werden, bei dem eine maximal mögliche Förderleistung ohne eine Beeinträchtigung der Stationarität der Strömung in der Meßkapillare infolge auftretender Strömungsschwankungen vorliegt. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß ein konstanter Betriebspunkt des Plastizier-, Homogenisier- und Förder-Aggregates für jeden zu untersuchenden Stoff über eine entsprechende Änderung von Kolbenvorschubgeschwindigkeit oder Schneckendrehzahl und für die Aufrechterhaltung einer vorgegebenen Masse-temperatur auch von Zylindertemperatur so eingestellt wird, daß bei einer möglichst großen Förderleistung eine ausreichende zeitliche Konstanz des physikalischen Zustandes des Stoffes in ortsfesten Querschnitten herrscht und somit keine Beeinträchtigung der Stationarität der variablen Strömung in der Meßkapillare infolge auftretender Strömungsschwankungen vorliegt, wobei die auf Grundlage der aus der meßtechnisch erfaßten Zeitfunktionen des Volumendurchsatzes $\dot{V}(t)$ und der Druckgefälle $\Delta p(t)$ ermittelten maximalen Schwankungsamplituden ($\dot{V}_{1,max}$, $\Delta p_{1,max}$) und Mittelwerten ($\bar{\dot{V}}$, $\bar{\Delta p}$) von Volumendurchsatz und Druckgefälle sowie von an sich bekannten Beziehungen zwischen pulsierenden Strömungen und den bei ihren mittleren Druckgefällen vorausgesetzten

stationären Strömungen bestimmte Differenz zwischen dem mittleren Volumendurchsatz (\bar{V}) der herrschenden Strömung in der Meßkapillare und dem Volumendurchsatz (V_S) der bei dem herrschenden mittleren Druckgefälle (Δp) vorausgesetzten stationären Strömung annähernd gleich Null ist oder einen vorgegebenen zulässigen Wert nicht überschreitet. Eine gezielte Variierung der Strömung in der Meßkapillare bei einem konstanten Betriebspunkt des Plastizier-, Homogenisier- und Förder-Aggregates wird durch die Aufteilung des Massestromes in zwei variiere Teilströme mit einem konstanten Gesamtdurchsatz erreicht, wobei ein Teilstrom eine Meßkapillare und der andere Teilstrom einen Ausgleichskanal passieren. Erfindungsgemäß wird die Konstanz des Gesamtdurchsatzes der variiere Teilströme dadurch erreicht, daß die beiden Teilströme nach der Aufteilung gleicher geometrischer und thermischer Bedingungen in jeweilige Strömungskanäle ausgesetzt werden, und daß die Variierung der Teilströme durch in jedem Kanal entsprechend angeordneten konstruktions- und großemäßig gleichen Drossel-elementen erfolgt, die in der Weise gekoppelt verstellbar sind, daß, wenn durch eine Verringerung der Drosselwirkung des einen Drossel-elementes stattfindet, zugleich eine gleichwertige Erhöhung der Drosselwirkung des anderen Drossel-elementes erfolgt.

Die gezielte Änderung des Volumendurchsatzes durch die Meßkapillare wird somit nicht mehr durch das Plastizier-, Homogenisier- und Förder-Aggregat, sondern durch einen Stromteiler erreicht, dessen Auslaufkanäle gleicher Geometrie mit den gekoppelt verstellbaren konstruktions- und großemäßig gleichen Drossel-elementen versehen sind. Erfindungsgemäß werden die gekoppelt verstellbaren Drossel-elemente zur gezielten Variierung der Teilströme bei Gewährleistung der Konstanz des Gesamtdurchsatzes durch eine im Stromteiler quer der Auslaufkanäle gelagerte und als gemeinsames Stellglied dienende Welle ausgebildet, die im Bereich der Auslaufkanäle mit zueinander entsprechend versetzten Querbohrungen mit gleichen Durchmessern wie die Auslaufkanäle oder mit zueinander entsprechend versetzten Drosselschaukeln, die durch symmetrische Ausfräsungen mit einer dem Durchmesser der Auslaufkanäle gleichen Breite ausgebildet werden, so versehen ist, daß, wenn ein Auslaufkanal durch ein Verdrehen der Welle gerade vollständig geöffnet wird, dann wird der andere Auslaufkanal zugleich gerade geschlossen und bei einer positiven Änderung der Drosselwirkung in einem der Auslaufkanäle infolge einer Verdrehung der Welle erfolgt zugleich eine gleichwertige negative Änderung der Drosselwirkung im anderen Auslaufkanal.

Erfindungsgemäß wird zur Aufteilung des Massestromes und zur Variierung der Teilströme bei Gewährleistung der Konstanz des Gesamtdurchsatzes auch eine im Stromteiler quer der Strömungsrichtung gelagerte Welle verwendet, die im Bereich des Einlaufkanals des Stromteiles einen Bereich mit kleinerem Durchmesser aufweist, dessen Breite nicht kleiner als der Durchmesser des Einlaufkanals ist, wodurch eine ringförmige Verlängerung des Einlaufkanals ausgebildet wird, die über versetzt zueinander angeordneten taschenartigen Ausfräsungen auf drei Wellenbereiche, die die ringförmige Verlängerung des Einlaufkanals zeitlich begrenzen, mit den Auslaufkanälen so verbunden wird, daß, wenn ein Auslaufkanal durch die ausgefräste Tasche auf den Wellenbereich, der die ringförmige Verlängerung des Einlaufkanals seitlich begrenzt, bei einer Verdrehung der Welle gerade vollständig geöffnet wird, dann wird der andere Auslaufkanal durch die Mantelfläche des Wellenbereiches, der die ringförmige Verlängerung des Einlaufkanals von der anderen Seite seitlich begrenzt, zugleich gerade geschlossen, so daß bei einer entsprechenden Verdrehung der Welle gleichwertige Drosselwirkungen mit umgekehrtem Vorzeichen in den Auslaufkanälen hervorgerufen werden.

Erfindungsgemäß werden die konstruktions- und großemäßig gleichen Drossel-elemente zur Variierung der Teilströme auch durch eine quer der Auslaufkanäle und axial verschiebbar gelagerte Welle ausgebildet, die zwei Schäfte gleichen Durchmessers und einen mittleren Bereich größeren Durchmessers und eine solche Länge aufweist, daß, wenn ein Auslaufkanal bei einer axialen Verschiebung der Welle gerade vollständig geöffnet wird, wird der andere Auslaufkanal durch die Mantelfläche des mittleren Bereiches der Welle zugleich gerade geschlossen.

Ausführungsbeispiele

Die Erfindung soll an nachstehenden Ausführungsbeispielen näher erläutert werden. In den zugehörigen Zeichnungen zeigen

Fig. 1: eine Darstellung der Vorrichtung bei Variierung der Teilströme über eine Welle mit versetzt angeordneten Querbohrungen

Fig. 2: einen Schnitt gemäß der Linie I-I in Fig. 1

Fig. 3: eine Darstellung der Vorrichtung bei Variierung der Teilströme über eine Welle mit versetzt angeordneten Drosselschaukeln

Fig. 4: einen Schnitt gemäß der Linie II-II in Fig. 3

Fig. 5: eine Darstellung der Vorrichtung bei Variierung der Teilströme über eine Welle mit versetzt angeordneten taschenartigen Ausfräsungen

Fig. 6: einen Schnitt gemäß der Linie III-III in Fig. 5

Fig. 7: eine Darstellung der Vorrichtung bei Variierung der Teilströme über eine axial verschiebbare Welle.

Im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 besteht die Vorrichtung aus einem Stromteiler 2, der in an sich bekannter Weise an einer Schnecken- oder Kolben-Presse 1, die als Plastizier-, Homogenisier- und Förder-Aggregat dient, angeschlossen ist. Der Stromteiler 2 weist einen entsprechend gestalteten und dimensionierten Einlaufkanal 3 und zwei Auslaufkanäle 4 und 5 gleicher Geometrie auf. Durch eine senkrecht der Strömungsrichtung gelagerte Welle 8 werden die Auslaufkanäle 4 und 5 unterbrochen. Dabei ist die Welle 8 im Bereich der Auslaufkanäle 4 und 5 mit um einen Winkel α versetzt zueinander angeordneten Querbohrungen 6 und 7 mit gleichen Durchmessern (vgl. Fig. 2) so versehen, daß, wenn ein Auslaufkanal 7 bzw. 5 durch die entsprechende Querbohrung 6 bzw. 7 gerade vollständig geöffnet wird, wird der andere Auslaufkanal 5 bzw. 4 durch die Mantelfläche der Welle 8 zugleich gerade geschlossen (s. Fig. 2). Die zueinander um den Winkel α versetzten Querbohrungen 6 und 7 und die Mantelfläche der Welle 8 bilden die in den Auslaufkanälen 4 und 5 angeordneten konstruktions- und großemäßig gleichen Drossel-elemente aus, die durch eine Verdrehung der als gemeinsames Stellglied dienende Welle 8 in der Weise

gekoppelt verstellbar sind, daß bei einer positiven Änderung der Drosselwirkung in einem der Auslaufkanäle 4 bzw. 5 eine gleichwertige negative Änderung der Drosselwirkung im anderen Auslaufkanal 5 bzw. 4 zugleich stattfindet. Dabei ist die Welle 8 nach jeder definierten Verdrehung in bekannter Weise auch fixierbar.

Nach dem Stromteiler 2 ist ein Düsenkörper 9 angeordnet, der mit einer Meßkapillare 10 und einem Ausgleichskanal 11 gleicher Geometrie versehen ist, an denen die Auslaufkanäle 4 und 5 anschließen.

Die Meßkapillare 10 ist dabei mit an sich bekannten Meßgebern für Massedruck 12 und für Massetemperatur 13 sowie mit einer an sich bekannten Durchsatzmeßeinrichtung 14 ausgerüstet.

Stromteiler 2 und Düsenkörper 9 sind auch in an sich bekannter Weise temperierbar, wodurch die Einstellung einer bestimmten Massetemperatur in der Meßkapillare 10 gewährleistet wird.

Im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3 weist die Vorrichtung nur eine veränderte Konstruktionsform der Drossелеlemente zur Variierung der Teilströme bei Konstanzhaltung des Gesamtdurchsatzes auf. Auch hier werden die Auslaufkanäle 4 und 5 durch eine im Stromteiler 2 senkrecht der Strömungsrichtung gelagerte Welle 15 unterbrochen. Im Bereich der Auslaufkanäle 4 und 5 ist die Welle 15 mit zueinander um einen Winkel β versetzten Drosselschaufeln 16 und 17, die von durch symmetrische Ausfräsungen gleichen Breiten und Tiefen entstandenen Flächen 18 bzw. 19 ausgebildet sind, so versehen, daß, wenn ein Auslaufkanal 4 bzw. 5 durch die entsprechende Drosselschaufel 16 bzw. 17 gerade vollständig geöffnet wird, wird der andere Auslaufkanal 5 bzw. 4 durch die dazu gehörende Drosselschaufel 17 bzw. 16 zugleich gerade geschlossen (s. Fig. 4). Die einander um den Winkel β versetzten Drosselschaufeln 16 und 17 und die Fläche 20 der Wellenbohrung im Stromteiler 2 bilden die in den Auslaufkanälen 4 und 5 angeordneten konstruktions- und großemäßig gleichen Drossелеlemente aus, die durch eine Verdrehung der als gemeinsames Stellglied dienenden Welle 15 in der Weise gekoppelt verstellbar sind, daß bei einer positiven Änderung der Drosselwirkung in einem der Auslaufkanäle 4 bzw. 5 eine gleichwertige negative Änderung der Drosselwirkung im anderen Auslaufkanal 5 bzw. 4 zugleich stattfindet, wobei die Welle 15 bei jeder eingestellten Drosselwirkung in an sich bekannter Weise fest fixierbar ist.

Im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 5 weist die Vorrichtung eine im Stromteiler 2 senkrecht der Strömungsrichtung angeordnete Welle 21 auf, wodurch sowohl die Stromteilung als auch die Variierung der Teilströme erfolgt. Hierfür weist die Welle 21 einen Bereich 22 mit kleinerem Durchmesser auf, dessen Breite nicht kleiner als der Durchmesser des Einlaufkanals 3 ist, wodurch eine ringförmige Verlängerung 23 des Einlaufkanals 3 ausgebildet wird. Die Wellenbereiche 24 und 25, die die ringförmige Verlängerung 23 des Einlaufkanals 3 seitlich begrenzen, sind mit um einen Winkel γ zueinander versetzten taschenartigen Ausfräsungen 26 und 27 gleicher Geometrie und mit einer Breite gleich dem Durchmesser der Auslaufkanäle 4 und 5 so versehen, daß, wenn ein Auslaufkanal 4 bzw. 5 bei einer Verdrehstellung der Welle 21 gerade mit vollständig geöffnetem Querschnitt über die jeweilige taschenartige Ausfräsung 26 bzw. 27 mit der ringförmigen Verlängerung 23 des Einlaufkanals 3 verbunden wird, wird der andere Auslaufkanal 5 bzw. 4 durch die Mantelfläche des jeweiligen Wellenbereiches 25 bzw. 24 zugleich gerade geschlossen (s. Fig. 6).

Die zueinander um den Winkel γ versetzte taschenartige Ausfräsung 26 und 27 und die Mantelflächen der Wellenbereiche 24 und 25 bilden die konstruktions- und großemäßig gleichen Drossелеlemente aus, die durch eine Verdrehung der als gemeinsames Stellglied dienenden Welle 21 in der Weise gekoppelt verstellbar sind, daß bei einer positiven Änderung der Drosselwirkung in einem der Auslaufkanäle 4 bzw. 5 eine gleichwertige negative Änderung der Drosselwirkung im anderen Auslaufkanal 5 bzw. 4 zugleich stattfindet, wobei die Verdrehstellung der Welle 21 in an sich bekannter Weise fixiert wird.

Im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 7 ist die Vorrichtung mit einer im Stromteiler 2 senkrecht der Strömungsrichtung gelagerten Welle 28 versehen, die mittels eines an sich bekannten Mechanismus 29 axial verschiebbar und in definierbaren Stellungen fixierbar ist. Sie weist dabei zwei Schäfte 30 und 31 mit gleichen Durchmessern und einen mittleren Bereich 32 mit größerem Durchmesser und einer solchen Länge auf, so daß, wenn ein Auslaufkanal 4 bzw. 5 durch die Mantelfläche des mittleren Wellenbereiches 32 bei einer axialen Verschiebung der Welle 28 gerade geschlossen wird, wird der andere Auslaufkanal 4 bzw. 5 zugleich vollständig geöffnet (s. Fig. 8), wobei der fließfähige Stoff den jeweiligen Wellenschaft 30 bzw. 31 umfließt. Die Mantelfläche des mittleren Wellenbereiches 32 und die Wellensäfte 30 und 31 mit gleichen Durchmessern bilden die konstruktions- und großemäßig gleichen Drossелеlemente aus, die durch die axiale Verschiebung der als gemeinsames Stellglied dienenden Welle 28 in der Weise gekoppelt verstellbar sind, daß bei einer positiven Änderung der Drosselwirkung in einem der Auslaufkanäle 4 bzw. 5 eine gleichwertige negative Änderung der Drosselwirkung im anderen Auslaufkanal 5 bzw. 4 zugleich stattfindet.

Bei allen vorgestellten Varianten der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird somit eine Aufteilung des Massestromes in zwei variierbare Teilströme mit konstantem Gesamtdurchsatz gewährleistet. Dadurch wird eine variierbare Strömung in der Meßkapillare 10 bei einem konstanten Betriebspunkt der verwendeten Schnecken- oder Kolbenpresse 1 als Plastizier-, Homogenisier- und Förder-Aggregat und somit bei einem konstanten physikalischen Zustand des Stoffes erzeugt. Zur Aufnahme von Fließkurven wurde zunächst die Einstellung eines konstanten Betriebspunktes des Plastizier-, Homogenisier- und Förder-Aggregates 1 durch eine entsprechende Verstellung von Schneckendrehzahl oder Kolbenvorschubgeschwindigkeit und gegebenenfalls auch von Zylinderwandtemperatur so vorgenommen, daß bei einer möglichst großen Förderleistung keine Beeinträchtigung der Stationarität der Strömung in der Meßkapillare 10 infolge auftretender Strömungsschwankungen vorliegt. Hierfür wurde die meßtechnische Erfassung der Zeitfunktionen des Volumendurchsatzes $V(t)$ und der Druckgefälle $\Delta p(t)$ bei der vollständigen Öffnung des an der Meßkapillare 10 anschließenden Auslaufkanals 4 über eine von der Frequenz der auftretenden Strömungsschwankungen abhängige Zeit vorgenommen, wodurch die maximalen Schwankungsamplituden ($V_{1,max}$, $\Delta p_{1,max}$) und die Mittelwerte (\bar{V} , $\bar{\Delta p}$) des Volumendurchsatzes und der Druckgefälle mit ausreichender statistischer Sicherheit ermittelt wurde. Auf Grundlage der an sich bekannten Beziehungen zwischen pulsierenden Strömungen und den bei den jeweiligen mittleren Druckgefällen vorausgesetzten stationären Strömungen ermittelte man dann die Differenz zwischen dem mittleren Volumendurchsatz (\bar{V}) der herrschenden Strömung in der Meßkapillare 10 und dem Volumendurchsatz (V_s) der bei dem herrschenden mittleren Druckgefälle ($\bar{\Delta p}$) vorausgesetzten stationären Strömung ermittelt. Bei dem Betriebspunkt des verwendeten Plastizier-, Homogenisier- und Förder-Aggregates 1, bei dem die Differenz ($\bar{V} - V_s$) annähernd gleich Null oder kleiner als ein vorgegebener zulässiger Wert wird, erfolgte die Aufnahme der Fließkurve $\bar{V}(\bar{\Delta p})$ durch eine stufenweise Verringerung des Volumendurchsatzes durch eine entsprechende Veränderung der Drosselwirkung der Drossелеlemente. Die so aufgenommene Fließkurve $\bar{V}(\bar{\Delta p})$ stimmt somit mit der für die Bestimmung von rheologischen Stoffkenngrößen und -funktionen vorausgesetzten Fließkurve $V_s(\Delta p)$ sehr gut überein.

Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren werden somit Fließkurven aufgenommen, die die Bestimmung von rheologischen Stoffkenngrößen und -funktionen gewährleisten, die nicht mit Fehlern infolge unterschiedlicher thermomechanischer Belastungen im Plastizier-, Homogenisier- und Förder-Aggregat sowie infolge einer unzulässigen Beeinträchtigung der Stationarität der Strömung in der Meßkapillare behaftet sind.

Die Gewährleistung einer gleichen relativ kurzen Verweilzeit des Stoffes im Plastizier-, Homogenisier- und Förder-Aggregat ermöglicht weiterhin die Aufnahme von Fließkurven auch bei relativ geringen Schergeschwindigkeiten in der Meßkapillare (weit unterhalb $10^{-1}, s^{-1}$).

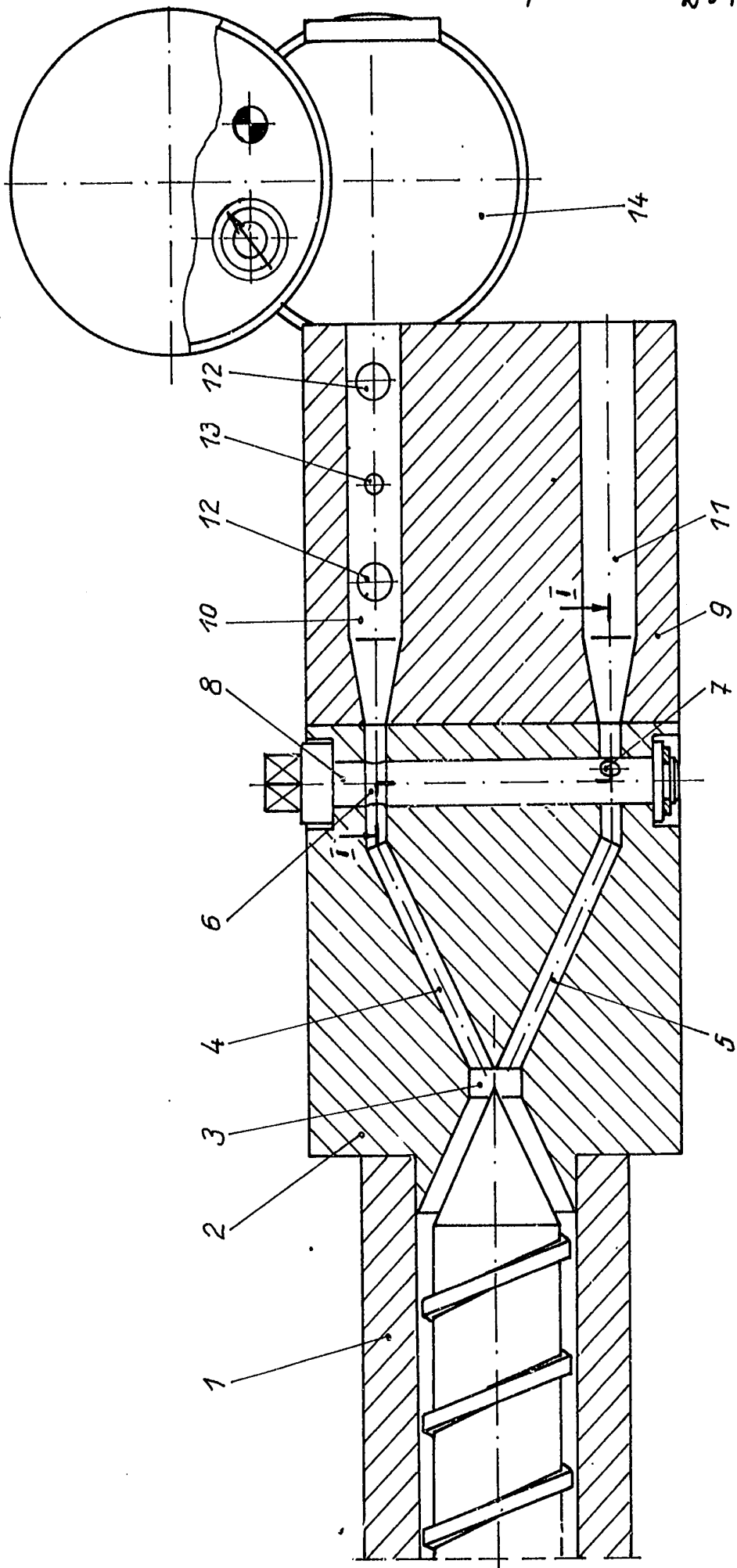


Fig. 1

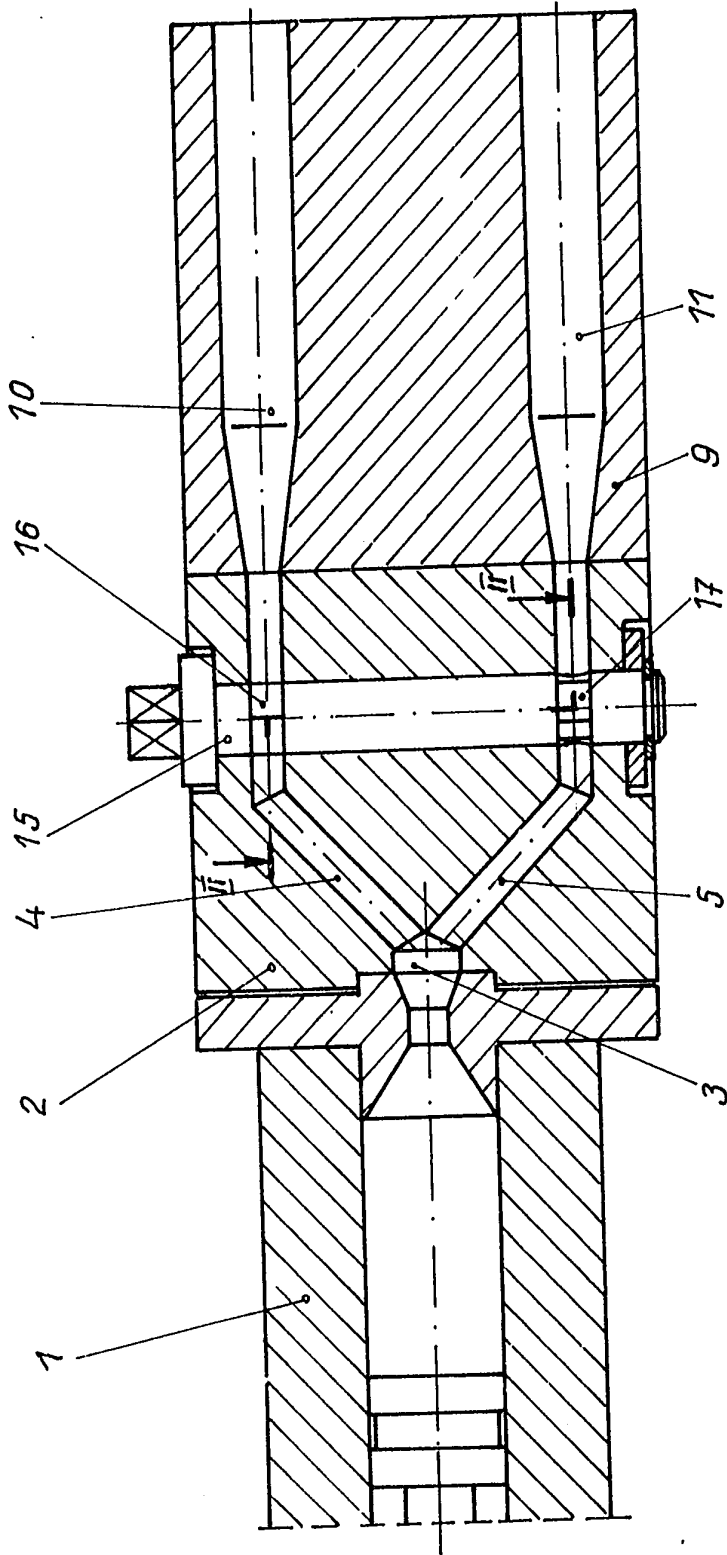


Fig. 3

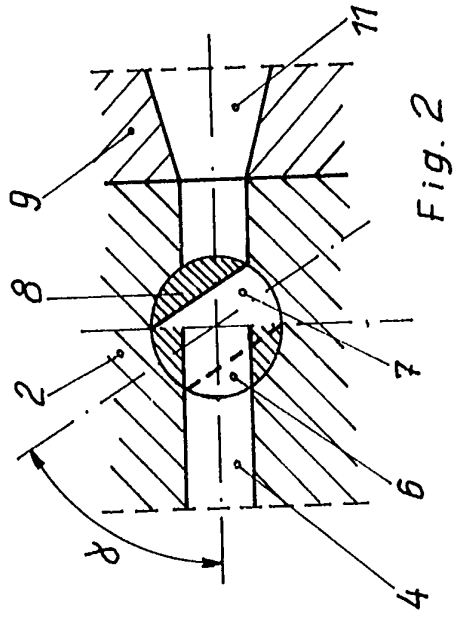


Fig. 2

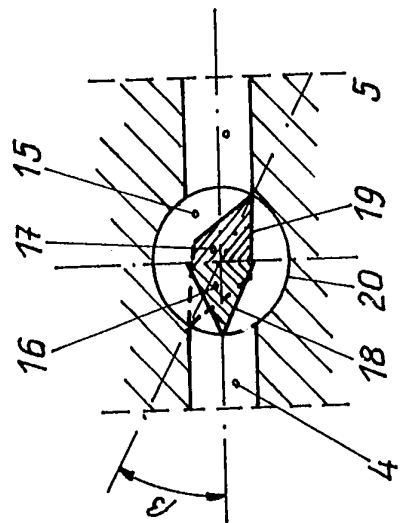


Fig. 4

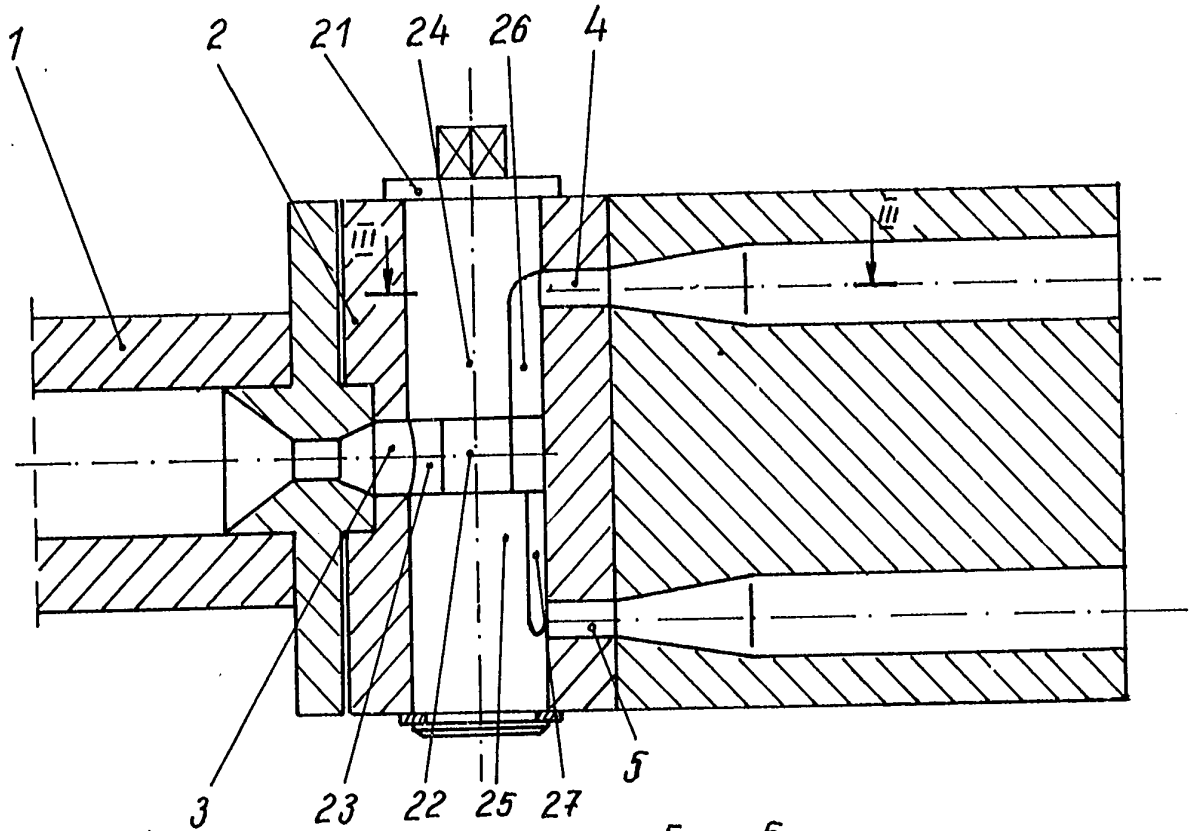


Fig. 5

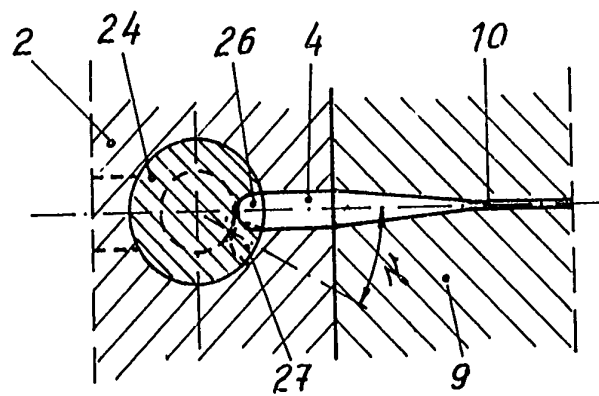


Fig. 6

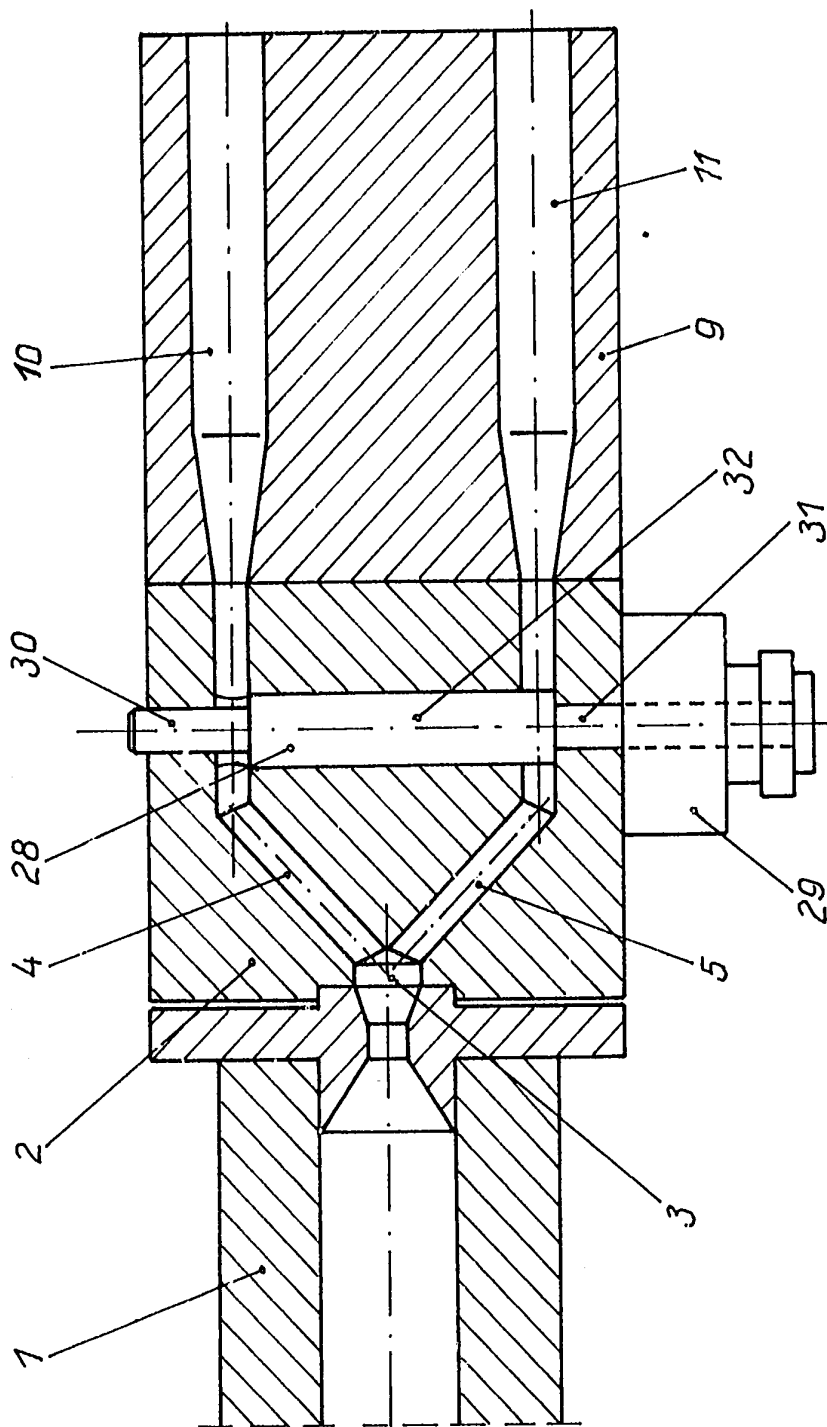


Fig. 7