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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
26. Februar 2004 (26.02.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/017049 A2

(51) Internationale Patentklassifikation[7]: G01N 11/00

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/002475

(22) Internationales Anmeldedatum:
23. Juli 2003 (23.07.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102 35 335.2 1. August 2002 (01.08.2002) DE
102 39 530.6 23. August 2002 (23.08.2002) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **GOETTFERT WERKSTOFF-PRUEFMASCHINEN GMBH** [DE/DE]; Siemensstrasse 2, 74722 Buchen (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **GOETTFERT, Axel** [DE/DE]; Kastanienweg 14, 74722 Buchen (DE).

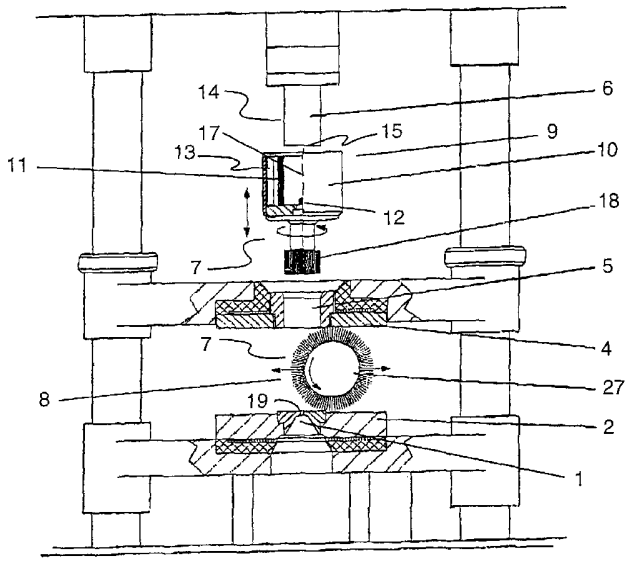
(74) Anwalt: **ULLRICH & NAUMANN**; Luisenstrasse 14, 69115 Heidelberg (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(national)*: AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: CAPILLARY RHEOMETER

(54) Bezeichnung: KAPILLARRHEOMETER



(57) Abstract: The invention relates to a capillary rheometer for determining rheological properties of polymer melts, especially the viscosity thereof. Said rheometer comprises a channel (5) for receiving a test material, a nozzle (1) sealing the channel (5), and a die (6) which is introduced into the channel (5) in a positively engaging manner and is used to extrude the test material through the nozzle (1). In view of a rapid and simple analysis of the samples, the inventive capillary rheometer is characterised by a cleaning unit (7) comprising at least one brush (11, 12, 18, 27) for mechanically cleaning the channel (5) and/or the die (6) and/or the front side (19) of the nozzle facing the channel (5). According to the invention, said capillary rheometer is provided with a sample loading system (20) comprising a sample store (21) for receiving the samples and a displaceable gripping arm (24) for transporting the samples from the sample store (21) into the channel (5).

(57) Zusammenfassung: Ein Kapillarrheometer zur Bestimmung rheologischer Eigenschaften von Polymerschmelzen, insbesondere der Viskosität, mit einem Kanal (5) zur Aufnahme eines Prüfmaterials, mit einer den Kanal (5) abschließenden Düse (1) und mit einem formschlüssig in den Kanal (5) einführbaren Stempel

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/017049 A2

GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(regional)*: ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(6) zum Extrudieren des Prüfmaterials durch die Düse (1) ist hinsichtlich einer schnellen und einfachen Untersuchung von Proben gekennzeichnet durch eine Reinigungseinheit (7) mit mindestens einer Bürste (11, 12, 18, 27) zur maschinellen Reinigung des Kanals (5) und/oder des Stempels (6) und/oder der dem Kanal (5) zugewandten Düsenstirnseite (19). Ferner ist ein Kapillarrheometer angegeben, dass die Aufgabe dadurch löst, dass eine Probenbeschickung (20) mit einem Probenmagazin (21) zur Aufnahme der Proben und ein beweglicher Greifarm (24) zum Transportieren der Proben vom Probenmagazin (21) in den Kanal (5) vorgesehen sind.

„Kapillarrheometer“

Die Erfindung betrifft ein Kapillarrheometer zur Bestimmung rheologischer Eigenschaften von Polymerschmelzen, insbesondere der Viskosität, mit einem Kanal zur Aufnahme eines Prüfmaterials, mit einer den Kanal abschließenden Düse und mit einem formschlüssig in den Kanal einführbaren Stempel zum Extrudieren des Prüfmaterials durch die Düse.

Kapillarrheometer sind aus der Praxis bekannte Prüfgeräte, um die Viskosität von Polymerschmelzen in einem breiten Verarbeitungsbereich, d. h. insbesondere bei unterschiedlichen Temperaturen wie sie beispielsweise in einer Schmelze oder bei der Extrusion auftreten, zu bestimmen. In ISO 11443 wird der Geräteaufbau, der Prüfablauf und die Generierung der Messwerte im Detail beschrieben. Hierbei ist ein beheiz- und temperierbarer Prüfkanal am Ende mit einer Düse mit definierter Länge und definiertem Durchmesser fest verschlossen.

Prüfmaterial, meistens in Form von Granulat, wird in den Prüfkanal eingeführt und unter konstanten Temperaturbedingungen aufgeschmolzen. Über einen formschlüssigen Prüfstempel wird danach die Polymerschmelze bei konstanter Stempelvorschubgeschwindigkeit durch die Düse extrudiert. Der sich bei unterschiedlichen Stempelgeschwindigkeiten ergebende Prüfdruck im Kanal, der in erster Näherung dem Druckabfall über der Düse entspricht, wird entweder direkt vor der Düse im Kanal gemessen oder über eine Kraftmessdose, die sich zwischen Stempel und Antriebseinheit befindet. Aus den Messwerten „Prüfdruck“ und „Stempelgeschwindigkeit“ sowie unter Berücksichtigung der Düsen- und Kanalgeometrie lässt sich die Viskositätsfunktion der Polymerschmelze bestimmen.

Die Handhabung der bekannten Geräte ist sehr zeit- und arbeitsaufwendig. Nach jedem Messvorgang müssen zunächst alle schmelzeberührenden Teile wie Stempel, Kanal und Düse manuell gereinigt werden. Hierzu muss die den Kanal abschließende Düse aus- und wieder eingebaut werden. Nach erfolgter Reinigung muss die zu untersuchende Probe manuell in den Prüfkanal eingebracht werden, und erst danach kann mit dem eigentlichen Messvorgang begonnen werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Kapillarrheometer der eingangs genannten Art derart auszugestalten und weiterzubilden, dass es einem Anwender bei hohem Bedienungskomfort eine gegenüber dem Stand der Technik schnellere und einfachere Untersuchung von Proben bei unverminderter Qualität der Messergebnisse ermöglicht.

Das erfindungsgemäße Kapillarrheometer der gattungsbildenden Art löst die voranstehende Aufgabe durch die Merkmale des Patentanspruchs 1. Danach ist ein solches Kapillarrheometer gekennzeichnet durch eine Reinigungseinheit mit mindestens einer Bürste zur maschinellen Reinigung des Kanals und/oder des Stempels und/oder der dem Kanal zugewandten Düsenstirnseite.

Erfindungsgemäß ist erkannt worden, dass bei der Viskositätsmessung mittels eines Kapillarrheometers eine hohe Zeitersparnis dadurch erreicht werden kann, dass alle schmelzeberührenden Teile des Kapillarrheometers wie Stempel, Kanal und Düse mit einem Bürstensystem maschinell gereinigt werden. Ein aufwendiges Ausbauen einzelner Teile, insbesondere der Düse, entfällt somit, und eine Vielzahl von Proben unterschiedlichen Materials kann in schneller Folge hintereinander untersucht werden.

Dabei könnte die den Kanal abschließende Düse in eine Formplatte integriert sein, wobei in vorteilhafter Weise der Abstand der Formplatte zu der Kanalunterseite veränderbar ist. Die Veränderung des Abstandes der Formplatte zu der Kanalunterseite könnte durch eine Steuerung der Formplatte mittels hydraulischer Hubzylinder durchgeführt werden. Unter Prüfbedingungen könnte die Formplatte dann in eine obere Endposition verfahren werden, in der sie mit der Kanalunterseite flächenpressend abschließt. Der maximal mögliche hydraulische Gegendruck könnte 65 kN betragen.

Zu Reinigungszwecken könnte die Formplatte mittels der hydraulischen Steuerung in vertikaler Richtung verfahren werden. Hierdurch ergäbe sich nämlich die Möglichkeit, zwischen der Formplatte und der Kanalunterseite Bürsten zur Reinigung der Kanalunterseite und der dem Kanal zugewandten Düsenstirnseite einzubringen. Je

nach Größe des zwischen der Formplatte und der Kanalunterseite eingestellten Abstandes könnten die eingesetzten Bürsten unterschiedliche Durchmesser aufweisen. In besonders vorteilhafter Weise könnte die Bürste dabei horizontal und vertikal schwenkbar sein. Durch Verschwenken der Bürste in horizontaler Richtung könnte dann die Kanalunterseite und die Düsenstirnfläche gereinigt werden. Anschließend könnte die Bürste vertikal ausgerichtet werden und zur Reinigung des Prüfkanals in diesen eingefahren werden.

Zur Reinigung der Mantelfläche des Prüfstempels, der in bevorzugter Weise einen Durchmesser von 15 bis 45 mm aufweist, könnte ein vertikales Bürstensystem vorgesehen sein, dem eine oder mehrere Bürsten zugeordnet sein könnten. Damit eine vollständige Reinigung der Mantelfläche des Stempels entlang seiner Umfangsfläche gewährleistet ist, könnte ein Antrieb, bspw. ein Elektromotor, mit einer Antriebswelle vorgesehen sein, der das Bürstensystem über ein kraftübertragendes Mittel in Rotation versetzt. Durch die Rotation des Bürstensystems werden an der äußeren Mantelfläche des Stempels befindliche Polymerreste von den Bürsten erfasst und abgestreift.

Weiterhin könnte vorgesehen sein, dass das Gehäuse vertikal entlang der Achse des Kapillarrheometers verfahrbar ist, wobei als Antrieb ein Linearmotor eingesetzt werden könnte. Durch mehrmals wiederholbare Auf- und Abwärtsbewegungen des Bürstensystems erfassen die Bürsten den Stempel über dessen gesamte Länge, wodurch eine gründliche Reinigung der gesamten Fläche des Stempels erreicht ist. Ebenso könnte natürlich auch das Bürstensystem in seiner Position unverändert bleiben, während der Stempel relativ zu dem Bürstensystem bewegt wird.

Die Bürsten zur Reinigung der Mantelfläche des Stempels könnten an der seitlichen Innenwand eines zylindrischen Gehäuses angeordnet sein, dessen Durchmesser in vorteilhafter Weise so auf den Stempeldurchmesser abgestimmt ist, dass sich die Bürsten bei der Rotation des Bürstensystems ständig in Kontakt mit der Mantelfläche des Stempels befinden. Im Hinblick auf eine besonders einfache und übersichtliche Anordnung der Bürsten innerhalb des Gehäuses wäre es beispielsweise denkbar, insgesamt drei Bürsten vorzusehen, die jeweils einen Winkelabstand von 120° zueinander aufweisen.

Zur Reinigung der Stirnseite des Stempels könnten auch auf der Bodenplatte des Gehäuses eine oder mehrere Bürsten angeordnet sein. Mittels des Linearmotors könnte das Gehäuse in eine obere Endposition verfahren werden, so dass die auf der Bodenplatte des Gehäuses angeordneten Bürsten in Kontakt mit der Stirnseite des Stempels gelangen. Während die Bürsten zur Reinigung der Mantelfläche des Stempels vorzugsweise eine runde Form aufweisen, könnte die Bürste zur Reinigung der Stirnseite des Stempels in besonders vorteilhafter Weise länglich ausgestaltet sein. Die Länge der Bürste könnte dabei dem Durchmesser des Gehäuses entsprechen, so dass bei der Rotation des Gehäuses die komplette Stempelstirnseite von der Bürste abgedeckt und gereinigt wird.

In besonders vorteilhafter Weise könnte die Bodenplatte des Gehäuses mit Aussparungen versehen sein. Durch diese konstruktive Ausgestaltung wird eine leichtere Entsorgung der in den Bürsten hängengebliebene Polymerreste gewährleistet.

Zur Reinigung des Prüfkanals könnte auch unterhalb der Bodenplatte des Gehäuses eine Bürste angeordnet sein, die starr mit dem Gehäuse verbunden sein könnte. Dabei könnte die Bürste in vorteilhafter Weise auf der Gehäuseachse positioniert werden und einen solchen Durchmesser aufweisen, dass sie bei Rotation des Gehäuses die gesamte Innenfläche des Kanals abstreift und säubert. Verbunden mit dem Linearantrieb wird dann – wie schon erwähnt – in der oberen Endposition die stirnseitige Stempelfläche gereinigt. In der Abwärtsbewegung bis zum Erreichen einer unteren Endposition wird der Prüfkanal gereinigt.

In einer weiteren und besonders praktischen Ausgestaltung könnte eine weitere Bürste zur Reinigung der Stirnfläche der in die Formplatte integrierten Düse sowie der Kanalunterseite vorgesehen sein, wobei diese horizontal, d. h. senkrecht zur vertikalen Achse des Kapillarrheometers schwenkbar ausgestaltet sein könnte. Dabei könnte ein besonders gründlicher Reinigungseffekt dadurch erzielt werden, dass die Bürste zusätzlich zu der horizontalen Schwenkbewegung um ihre eigene Achse rotiert. Die Wahl des Abstandes zwischen der Formplatte und der Kanalunterseite während des Reinigungsprozesses und die Dimensionierung der horizontalen Bürste könnte so aufeinander abgestimmt sein, dass beide Stirnseiten – die der Formplatte

und die der Kanalunterseite – gleichzeitig von der rotierenden Bürste erfasst werden. An dieser Stelle sei angemerkt, dass selbstverständlich auch die innerhalb des Gehäuses angeordneten Bürsten so ausgestaltet sein können, dass sie zusätzlich zu den bereits oben beschriebenen Bewegungen auch um ihre eigene Achse rotieren können.

Im Hinblick auf eine besonders kostengünstige Ausgestaltung der Reinigungseinheit könnten das vertikale Bürstensystem und die horizontal geführte Bürsten antriebsseitig gekoppelt sein. Durch eine derartige Kopplung der horizontalen und vertikalen Reinigungseinheit genügt ein einziger Antrieb für die Rotationsbewegung der zur Stempel- beziehungsweise Kanalreinigung verwendeten Bürsten sowie für die Rotationsbewegungen der horizontal geführten Bürste zur Reinigung der Düsenplatte mit Kanalunterseite. Die Kopplung könnte beispielsweise über zwei ineinander greifende Kegelräder realisiert sein.

Damit nach Abschluss des Reinigungsvorgangs die Reinigungseinheit einfach entfernt und mit dem eigentlichen Messvorgang begonnen werden kann, könnte die gesamte Reinigungseinheit schwenkbar gelagert sein. Je nach Form des Kapillarrheometers sollte ein horizontaler Schwenkbereich von 90 - 160° ausreichend sein, um das Einbringen von Prüfmaterial in den Kanal sowie eine ungehinderte vertikale Bewegung des Prüfstempels und der Formplatte sicherzustellen. Im Hinblick auf einen flexiblen Einsatz der Reinigungseinheit könnten das horizontale und das vertikale Bürstensystem unabhängig voneinander schwenkbar sein.

Hinsichtlich der Bedienung des Kapillarrheometers könnte vorgesehen sein, dass die Reinigungseinheit manuell steuerbar ist. Ein Anwender könnte dann im Rahmen eines mehrere Proben umfassenden Messprozesses in Abhängigkeit vom Grad der aktuellen Verschmutzung von Fall zu Fall entscheiden, ob eine Reinigung durchgeführt werden soll. Auch die Möglichkeit der Betätigung einzelner Bürsten zur selektiven Reinigung lediglich bestimmter Bereiche des Kapillarrheometers ist denkbar. In vorteilhafter Weise könnte jedoch auch eine automatische Reinigung nach jeder einzelnen Probenuntersuchung durchgeführt werden.

Das erfindungsgemäße Kapillarrheometer löst die eingangs genannte Aufgabe durch die Merkmale des Patentanspruchs 19. Danach ist ein solches Kapillarrheometer gekennzeichnet durch eine Probenbeschickung mit einem Probenmagazin zur Aufnahme der Proben und mit einem beweglichen Greifarm zum Transportieren der Proben vom Probenmagazin in den Kanal.

Erfindungsgemäß ist erkannt worden, dass eine solche Ausgestaltung dem Anwender die Benutzung des Kapillarrheometers enorm vereinfacht. Insbesondere wenn eine Vielzahl von Proben untersucht werden soll, ergibt sich eine hohe Zeitersparnis, da ein manuelles Wechseln des Prüfmaterials nach einem abgeschlossenem Messvorgang entfällt. Der Anwender muss lediglich einmal das Probenmagazin mit den zu untersuchenden Prüfmaterialien beschicken und den Messvorgang einmalig starten. Anschließend kann er sich anderen Aufgaben zuwenden, während das Kapillarrheometer automatisch eine Probe nach der anderen in den Prüfkanal verbringt und die Viskosität des Probenmaterials bestimmt.

In einer speziellen Ausführungsform weist das Probenmagazin insgesamt 64 Probenplätze auf. Diese könnten beispielsweise als Aussparrungen in einem zylinderförmigen Behältnis ausgebildet sein. Dieses könnte drehbar gelagert sein, wobei die Probenplätze strahlenförmig in vier konzentrischen Ringen angeordnet sein könnten. Jeder Strahl könnte dabei einen der Länge des Greifarms entsprechenden Krümmungsradius aufweisen.

Der Probentransport könnte dann wie folgt ablaufen: Das Probenmagazin wird so zugestellt, dass der schwenkbar ausgebildete Greifarm über die vier Probenplätze eines ersten ausgewählten Strahls hinweg schwenken und somit die vier dort abgelegten Prüfmaterialien entnehmen kann. Sobald die ersten vier Proben untersucht sind, dreht das Probenmagazin eine Position weiter, so dass die vier Proben des nächsten Strahls für den Greifarm erreichbar sind und so weiter.

Dabei könnte der Greifarm beispielsweise als Vakuumsauger ausgeführt sein. In besonders vorteilhafter Weise verbringt der Greifarm die ausgewählte Probe nicht direkt in den Prüfkanal sondern zunächst zu einer Probentemperiereinheit, in der die Probe vor der rheologischen Untersuchung auf eine exakt einstellbare Prüftemperatur

erwärmt wird. Hierzu könnte die Probentemperiereinheit eine regelbare Heizplatte aufweisen, welche zylindrische Aussparungen zur Aufnahme der Proben umfasst. Die Heizplatte könnte insbesondere vier Aussparungen umfassen, welche – ähnlich wie die Probenplätze eines Strahls im Probenmagazin – zur einfachen Erreichbarkeit den gleichen Abstand zum Drehpunkt des Greifarms aufweisen könnten.

Für gewöhnliche Anwendungen des Kapillarrheometers im Rahmen von Viskositätsuntersuchungen – vorzugsweise werden mit dem entwickelten Gerät Kautschukmischungen gemessen – könnte die Heizplatte in vorteilhafter Weise einen Regelbereich von 50 - 90°C abdecken. Da eine gute Temperaturstabilisierung zur Gewinnung von Messwerten hoher Qualität unerlässlich ist, könnte die Heizplatte mit einem formschlüssig abschließenden Deckel zur thermischen Isolierung versehen werden.

Es gibt nun verschiedene Möglichkeiten, die Lehre der vorliegenden Erfindung in vorteilhafter Weise auszugestalten und weiterzubilden. Dazu ist einerseits auf die dem Patentanspruch 1 nachgeordneten Ansprüche, andererseits auf die nachfolgende Erläuterung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung anhand der Zeichnung zu verweisen. In Verbindung mit der Erläuterung des bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung anhand der Zeichnung werden auch im allgemeinen bevorzugte Ausgestaltungen der Lehre erläutert. In der Zeichnung zeigen

Fig. 1 in einer schematischen Seitenansicht die wesentlichen Teile eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Kapillarrheometers im Messzustand,

Fig. 2 in einer schematischen Seitenansicht ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Kapillarrheometers mit einer Reinigungseinheit,

Fig. 3 in einer schematischen Draufsicht die Reinigungseinheit aus Fig. 2,

Fig. 4 in einer schematischen Draufsicht das Gehäuse des vertikalen Bürstensystems aus Fig. 2,

Fig. 5 in einer schematischen Draufsicht eine Probenbeschickung eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Kapillarrheometers.

Fig. 1 zeigt in einer schematischen Seitenansicht ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Kapillarrheometers im Messzustand. Eine Düse 1 zum Extrudieren des Prüfmaterials ist in eine Formplatte 2 integriert, welche mittels hydraulischer Hubzylinder 3 in vertikaler Richtung verfahrbar ist. In der in Fig. 1 dargestellten Messposition befindet sich die Formplatte 2 in einer oberen Endposition, in der sie flächenpressend mit einer Unterseite 4 eines Prüfkanals 5 abschliesst. Zur Messung der Viskosität eines Prüfmaterials wird die Materialprobe in den Prüfkanal 5 eingebracht und durch den in vertikaler Richtung hydraulisch verfahrbaren Prüfstempel 6 mit konstanter Stempelvorschubgeschwindigkeit durch die Düse 1 extrudiert.

Fig. 2 zeigt in einer schematischen Seitenansicht das erfindungsgemäße Kapillarrheometer aus Fig. 1 mit einer Reinigungseinheit 7, die ein vertikal und ein horizontal geführtes Bürstensystem 8, 9 umfasst. Das vertikal geführte Bürstensystem 8 weist ein zylindrisches Gehäuse 10 auf, in dem mehrere Bürsten 11, 12 zur Reinigung des Stempels 6 angeordnet sind. An der inneren Seitenwand 13 des Gehäuses befinden sich die Bürsten 11 zur Reinigung der Mantelfläche 14 des Stempels 6, während die Bürste 12 zur Reinigung der Stempelstirnseite 15 auf einer Bodenplatte 16 des Gehäuses 10 angeordnet ist. Unterhalb des Gehäuses 10 ist auf der Gehäuseachse 17 eine weitere Bürste 18 angebracht, die zur Reinigung des Prüfkanals 5 dient.

Das vertikale Bürstensystem 8 kann sowohl um die Gehäuseachse 17 rotiert als auch entlang der Gehäuseachse 17 in vertikaler Richtung verfahren werden. Beim Verfahren des Bürstensystems 8 in eine obere Endposition überdecken die Bürsten 11 einen größer werdenden Teil der Mantelfläche 14 des Prüfstempels 6, bis schließlich bei Erreichen der oberen Endposition die Bürste 12 in Kontakt mit der Stempelstirnseite 15 gelangt. Beim Verfahren des Bürstensystems 8 nach unten dringt die Bürste 12 in den Prüfkanal 5 ein und entfernt durch Rotation der Bürste 12 im Kanal 5 hängen gebliebene Polymerreste des Probenmaterials. Eine untere Endposition des Bürstensystems 8 ist erreicht, wenn die Unterseite der Bürste 12 an der der Düse 1 zugewandten Kanalunterseite 4 angelangt ist. Durch mehrmaliges Auf-

und Abbewegen des Bürstensystems 8 zwischen der oberen und der unteren Endposition ergibt sich eine besonders gründliche Reinigung des Stempels 6 sowie des Kanals 5.

Eine Optimierung des Reinigungsprozesses kann dadurch erreicht werden, dass der Stempel – nachdem das vertikal geführte Bürstensystem 8 in die in Fig. 2 gezeigte Position verbracht worden ist – nach unten verfahren wird, so dass sich die Bürste 12 auch in der oberen Endposition des Bürstensystem 8 noch teilweise in Eingriff mit dem Prüfkanal 5 befindet. Auf diese Weise kann zum einen eine gleichzeitige Reinigung des Stempels 6 und des Kanals 5 durchgeführt und zum anderen der benötigte Hub des Bürstensystems 8 minimiert werden.

Das horizontal geführte Bürstensystem 8 umfasst eine kreisförmige rotierende Bürste 27, welche sowohl die Kanalunterseite 4 als auch die Düsenstirnseite 19 reinigt. Der Durchmesser der Bürste 27, die in der durch die Pfeile angedeuteten Richtung horizontal verschiebbar ist, ist so auf den Abstand zwischen der Kanalunterseite 4 und der Formplatte 2 abgestimmt, dass Kanalunterseite 4 und Düsenstirnseite 19 gleichzeitig von der Bürste erfasst und gereinigt werden.

Fig. 3 zeigt in einer schematischen Draufsicht die Reinigungseinheit aus Fig. 2 in einer Positionierung außerhalb des Kapillarrheometers. In dieser Stellung ist der Prüfkanal 5 frei zugänglich und ein Messvorgang kann problemlos durchgeführt werden. Die Fig. 3 zeigt das zylindrische Gehäuse 10, in dem an der seitlichen Innenwand 13 drei Bürsten 11 zur Reinigung der Mantelfläche 14 des Prüfstempels 6 angeordnet sind. Der Winkelabstand der einzelnen Bürsten 11 zueinander beträgt hierbei 120°. Des Weiteren ist auf der Bodenplatte 16 des Gehäuses 10 die zur Reinigung der Stempelstirnseite 15 länglich ausgestaltete Bürste 12 angeordnet, welche den gesamten Durchmesser des Gehäuses 10 überdeckt.

Horizontale und vertikale Reinigungseinheit 8, 9 sind schwenkbar angelenkt und können – unabhängig voneinander – entlang der gestrichelten Kreisbahn um eine gemeinsame Drehachse 20 horizontal geschwenkt werden. Zur Reinigung verbringt eine automatische Steuerung das Gehäuse 10 und die Bürste 27 in eine Position exakt ober- bzw. unterhalb des Prüfkanals 5. Während des Reinigungsvorgangs wird

das Gehäuse 10 in dieser Position in horizontaler Richtung arretiert und – wie oben beschrieben – in vertikaler Richtung verfahren. Die Bürste 27 hingegen kann auch während des Reinigungsvorgangs zusätzlich zu der Rotationsbewegung eine die Reinigungswirkung erhöhende Bewegung in horizontaler Richtung ausführen. Nach Beendigung des Reinigungsprozesses wird die gesamte Reinigungseinheit in die in Fig. 3 gezeigte Position außerhalb des Kapillarrheometers geschwenkt, so dass eine nächste Messung gestartet werden kann.

Fig. 4 zeigt in einer schematischen Draufsicht das zylindrische Gehäuse 10 des vertikalen Bürstensystems 8 mit den drei an der inneren Seitenwand 13 angeordneten Bürsten 11 sowie der auf der Bodenplatte 16 des Gehäuses angeordneten Bürste 12 zur Reinigung der Stempelstirnseite 15. Nicht dargestellt sind die in der Bodenplatte 16 ausgebildeten Aussparungen, die zur einfachen Entsorgung von in den Bürsten 11, 12 hängen gebliebenen Polymerresten dienen.

Fig. 5 zeigt in einer schematischen Draufsicht neben dem Prüfkanal 5 und der maschinellen Reinigungseinheit 7 eine Probenbeschickung 20. Diese umfasst ein in einem zylindrischen Behältnis 23 ausgebildetes Probenmagazin 21 mit insgesamt 64 Probenplätzen 22. Diese sind in vier konzentrischen Kreisen strahlenförmig in dem drehbar gelagerten Behältnis 23 angeordnet, wobei jeder Strahl eine auf die Länge eines Greifarms 24 abgestimmten Krümmungsradius aufweist. Der als Vakuumsauger ausgebildete Greifarm 24 ist schwenkbar ausgebildet und kann aufgrund der speziellen Positionierung der Probenplätze 22 mit einer Schwenkbewegung entlang der in Fig. 5 eingezeichneten gestrichelten Kreisbahn die vier Probenplätze 22 eines Strahls abfahren. Durch Drehung des Behältnisses 23 kann dem Greifarm 24 ein anderer Strahl zugestellt werden.

Als Teil der Probenbeschickung 20 ist in Fig. 5 eine Probentemperiereinheit 25 dargestellt, in der eine selektierte Probe bevor sie zur Viskositätsbestimmung in den Prüfkanal 5 eingebracht wird zunächst auf eine einstellbare Temperatur vorgewärmt wird. Die Temperiereinheit 25, die im Wesentlichen eine regelbare Heizplatte sowie mehrere zylindrische Aussparungen 26 zur Aufnahme der Proben umfasst, ist dabei derart ausgestaltet und positioniert, dass alle Aussparungen 26 auf der durch die Schwenkbewegung des Greifarms 24 definierten Kreisbahn liegen.

Hinsichtlich weiterer vorteilhafter Ausgestaltungen und Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Lehre wird einerseits auf den allgemeinen Teil der Beschreibung und andererseits auf die beigefügten Patentansprüche verwiesen.

Abschließend sei ganz besonders hervorgehoben, dass das zuvor rein willkürlich gewählte Ausführungsbeispiel lediglich zur Erörterung der erfindungsgemäßen Lehre dient, diese jedoch nicht auf das Ausführungsbeispiel einschränkt.

Patentansprüche

1. Kapillarrheometer zur Bestimmung rheologischer Eigenschaften von Polymerschmelzen, insbesondere der Viskosität, mit einem Kanal (5) zur Aufnahme eines Prüfmaterials, einer den Kanal (5) abschließenden Düse (1) und einem formschlüssig in den Kanal (5) einführbaren Stempel (6) zum Extrudieren des Prüfmaterials durch die Düse (1),
gekennzeichnet durch eine Reinigungseinheit (7) mit mindestens einer Bürste (11, 12, 18, 27) zur maschinellen Reinigung des Kanals (5) und/oder des Stempels (6) und/oder der dem Kanal (5) zugewandten Düsenstirnseite (19).

2. Kapillarrheometer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Düse (1) in eine Formplatte (2) integriert ist.

3. Kapillarrheometer nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand der Formplatte (2) zu der Kanalunterseite (4) veränderbar ist.

4. Kapillarrheometer nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Formplatte (2) über hydraulische Hubzylinder vertikal steuerbar ist.

5. Kapillarrheometer nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Bürste (11, 12, 18, 27) horizontal und/oder vertikal schwenkbar ist.

6. Kapillarrheometer nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Reinigungseinheit ein vertikales und/oder ein horizontales Bürstensystem (8, 9) umfasst.

7. Kapillarrheometer nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass dem vertikalen Bürstensystem (8) eine oder mehrere Bürsten (11) zur Reinigung der Mantelfläche (14) des Stempels (6) zugeordnet sind.

8. Kapillarrheometer nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Bürstensystem (8) um seine vertikale Achse drehbar ist.

9. Kapillarrheometer nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Bürstensystem (8) und/oder der Stempel (6) in vertikaler Richtung verfahrbar sind.

10. Kapillarrheometer nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass ein Linearmotor zum vertikalen Verfahren des Bürstensystems (8) vorgesehen ist.

11. Kapillarrheometer nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Bürsten (11) in einem zylindrischen Gehäuse (10) angeordnet sind.

12. Kapillarrheometer nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass drei Bürsten (11) sternförmig innerhalb des Gehäuses (10) angeordnet sind.

13. Kapillarrheometer nach einem der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass auf der Bodenplatte (16) des Gehäuses (10) eine oder mehrere Bürsten (12) zur Reinigung der Stirnseite (15) des Stempels (6) angeordnet sind.

14. Kapillarrheometer nach einem der Ansprüche 5 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Bodenplatte (16) des Gehäuses (10) mit Aussparungen versehen ist.

15. Kapillarrheometer nach einem der Ansprüche 5 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass unterhalb der Bodenplatte (16) des Gehäuses (10) eine Bürste (18) zur Reinigung des Kanals (5) angeordnet ist.

16. Kapillarrheometer nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass dem horizontalen Bürstensystem (9) mindestens eine Bürste (27) zur Reinigung der Düsenstirnseite (19) und der Kanalunterseite (4) zugeordnet ist.

17. Kapillarrheometer nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Bürste (27) um ihre Achse drehbar ist.

18. Kapillarrheometer nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass das vertikale Bürstensystem (8) und die mindestens eine Bürste (27) antriebsseitig gekoppelt sind.

19. Kapillarrheometer nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Kopplung über zwei Kegelräder realisiert ist.

20. Kapillarrheometer nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass ein oder mehrere Antriebe für die Rotationsbewegungen der Bürsten (11, 12, 18, 27) vorgesehen sind.

21. Kapillarrheometer nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die gesamte Reinigungseinheit (7) schwenkbar gelagert ist, vorzugsweise zwischen 90° und 160°.

22. Kapillarrheometer nach einem der Ansprüche 13 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass das vertikale und das horizontale Bürstensystem (8, 9) unabhängig voneinander horizontal schwenkbar sind.

23. Kapillarrheometer nach einem der Ansprüche 13 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Reinigungseinheit manuell betätigbar ist.

24. Kapillarrheometer nach einem der Ansprüche 13 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Reinigungseinheit automatisch steuerbar ist.

25. Kapillarrheometer zur Bestimmung rheologischer Eigenschaften von Polymerschmelzen, insbesondere der Viskosität, gegebenenfalls nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem Kanal (5) zur Aufnahme eines Prüfmaterials, mit einer den Kanal (5) abschließenden Düse (1) und mit einem formschlüssig in den Kanal (5) einführbaren Stempel (6) zum Extrudieren des Prüfmaterials durch die Düse (1), gekennzeichnet durch eine Probenbeschickung (20) mit einem Probenmagazin (21) zur Aufnahme der Proben und mit einem beweglichen Greifarm (24) zum Transportieren der Proben vom Probenmagazin (21) in den Kanal (5).

26. Kapillarrheometer nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass das Probenmagazin (21) drehbar ausgebildet ist.

27. Kapillarrheometer nach Anspruch 25 oder 26, dadurch gekennzeichnet, dass insgesamt 64 Probenplätze (22) vorgesehen sind.

28. Kapillarrheometer nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass die Probenplätze (22) als Aussparungen in einem zylinderförmigen Behältnis (23) ausgebildet sind.

29. Kapillarrheometer nach Anspruch 27 oder 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Probenplätze (22) strahlenförmig in vier konzentrischen Ringen angeordnet sind.

30. Kapillarrheometer nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Strahl einen der Länge des Greifarms (24) entsprechenden Krümmungsradius aufweist.

31. Kapillarrheometer nach einem der Ansprüche 27 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass der Greifarm (24) schwenkbar ist.

32. Kapillarrheometer nach einem der Ansprüche 25 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass der Greifarm (24) als Vakuumsauger ausgeführt ist.

33. Kapillarrheometer nach einem der Ansprüche 25 bis 32, dadurch gekennzeichnet, dass eine Probentemperiereinheit (25) zur Erwärmung der Proben auf eine Prüftemperatur vorgesehen ist.

34. Kapillarrheometer nach Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, dass die Probentemperiereinheit (25) eine regelbare Heizplatte umfasst.

35. Kapillarrheometer nach Anspruch 34, dadurch gekennzeichnet, dass die Heizplatte zylindrische Aussparungen (26) zur Aufnahme der Proben umfasst.

36. Kapillarrheometer nach Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet, dass jede Aussparung (26) den gleichen Abstand zum Drehpunkt des Greifarms (24) aufweist.

37. Kapillarrheometer nach Anspruch 34, dadurch gekennzeichnet, dass die Heizplatte einen Regelbereich von 50-90°C aufweist.

38. Kapillarrheometer nach einem der Ansprüche 34 bis 37, dadurch gekennzeichnet, dass die Heizplatte einen formschlüssig abschließenden Deckel aufweist.

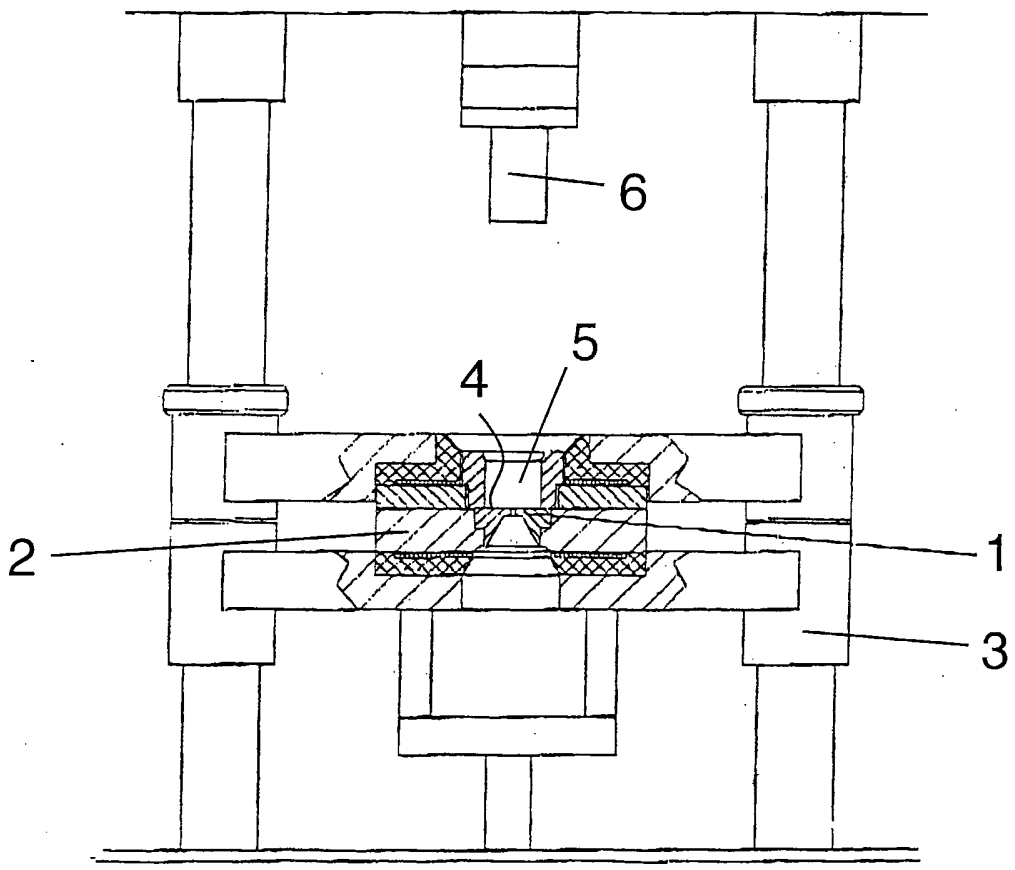


Fig. 1

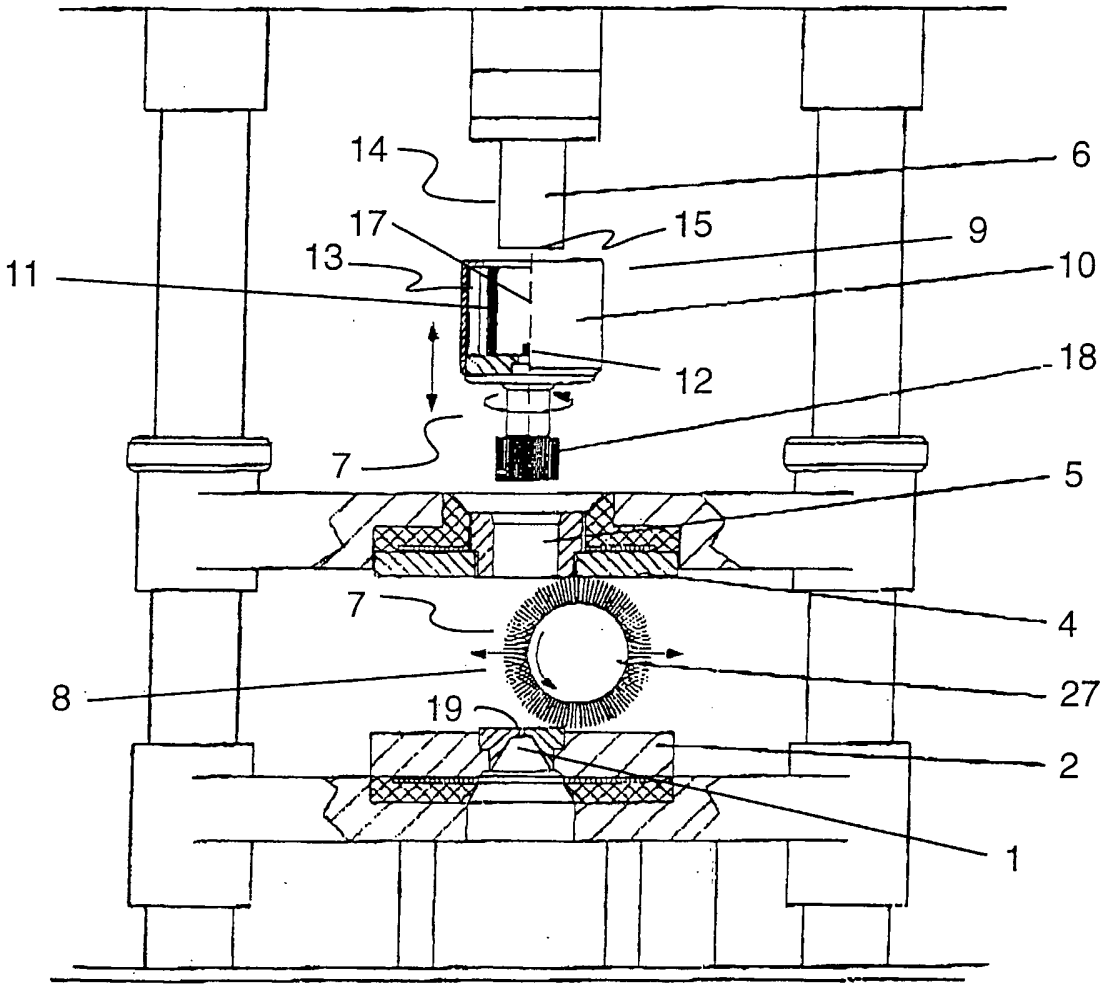


Fig. 2

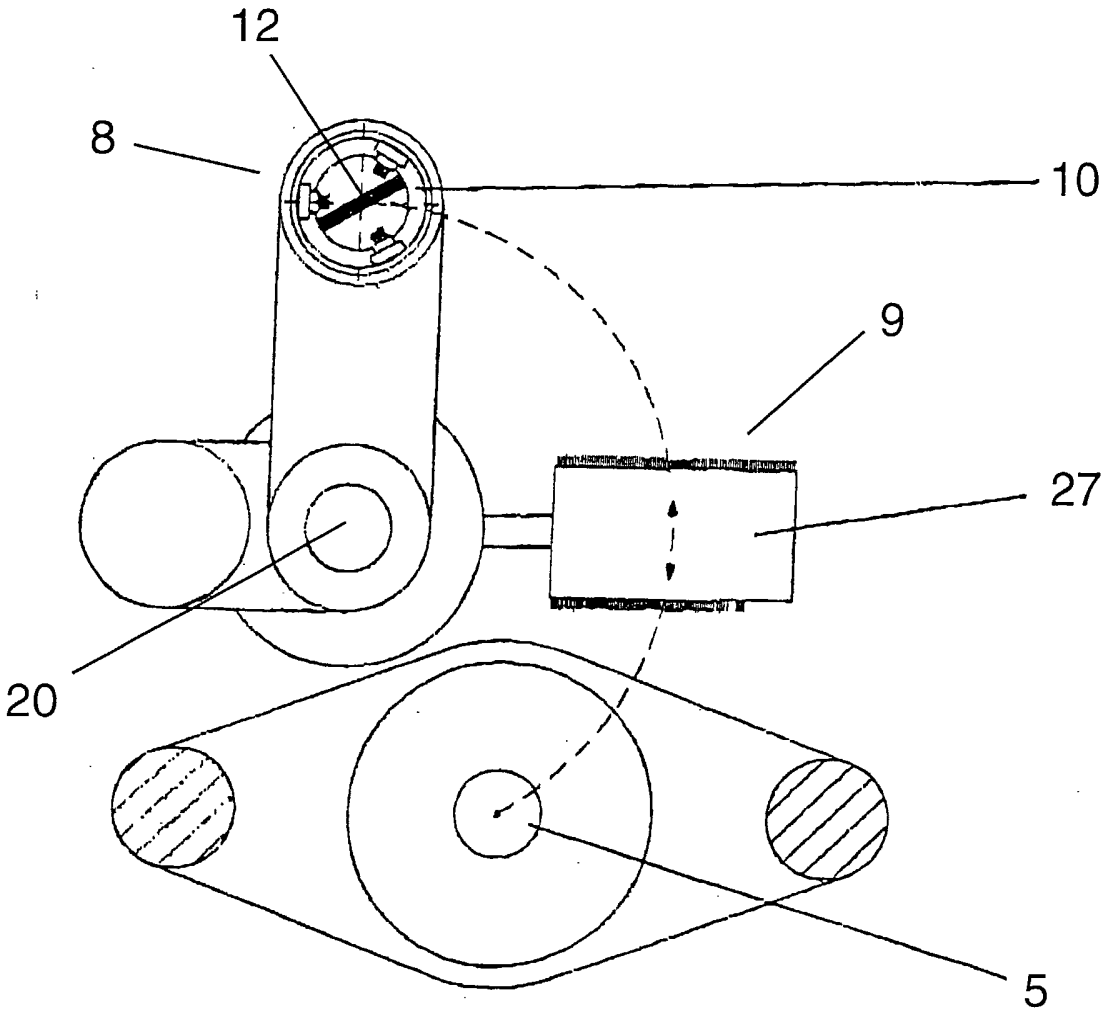


Fig. 3

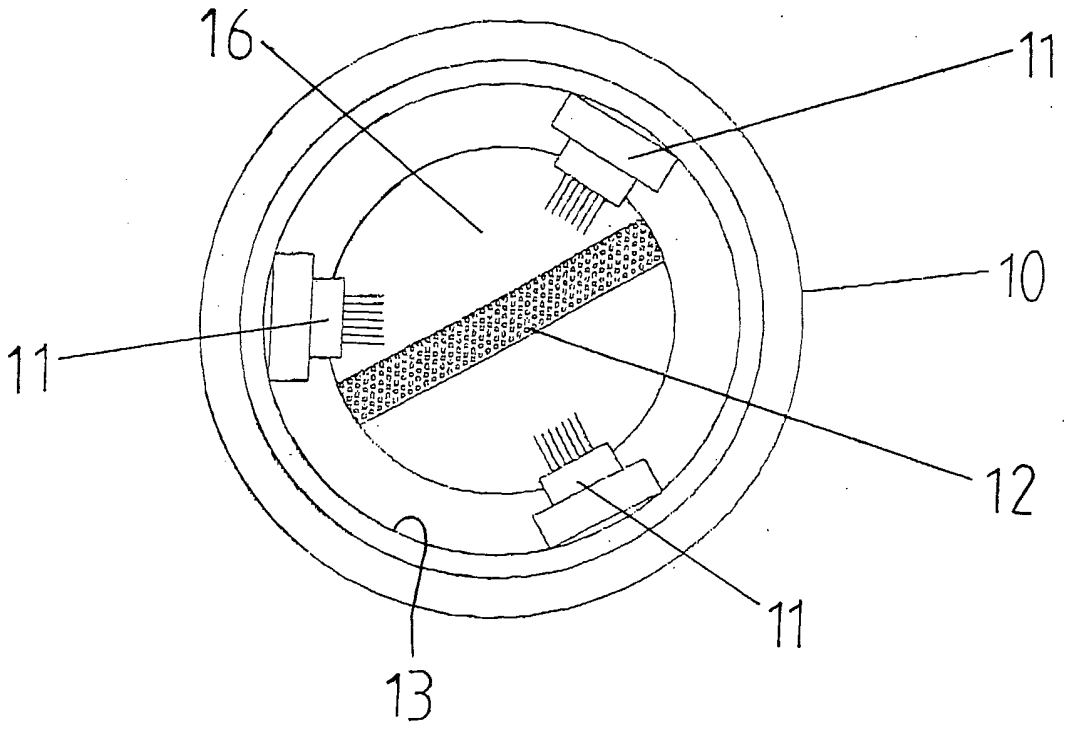


Fig. 4

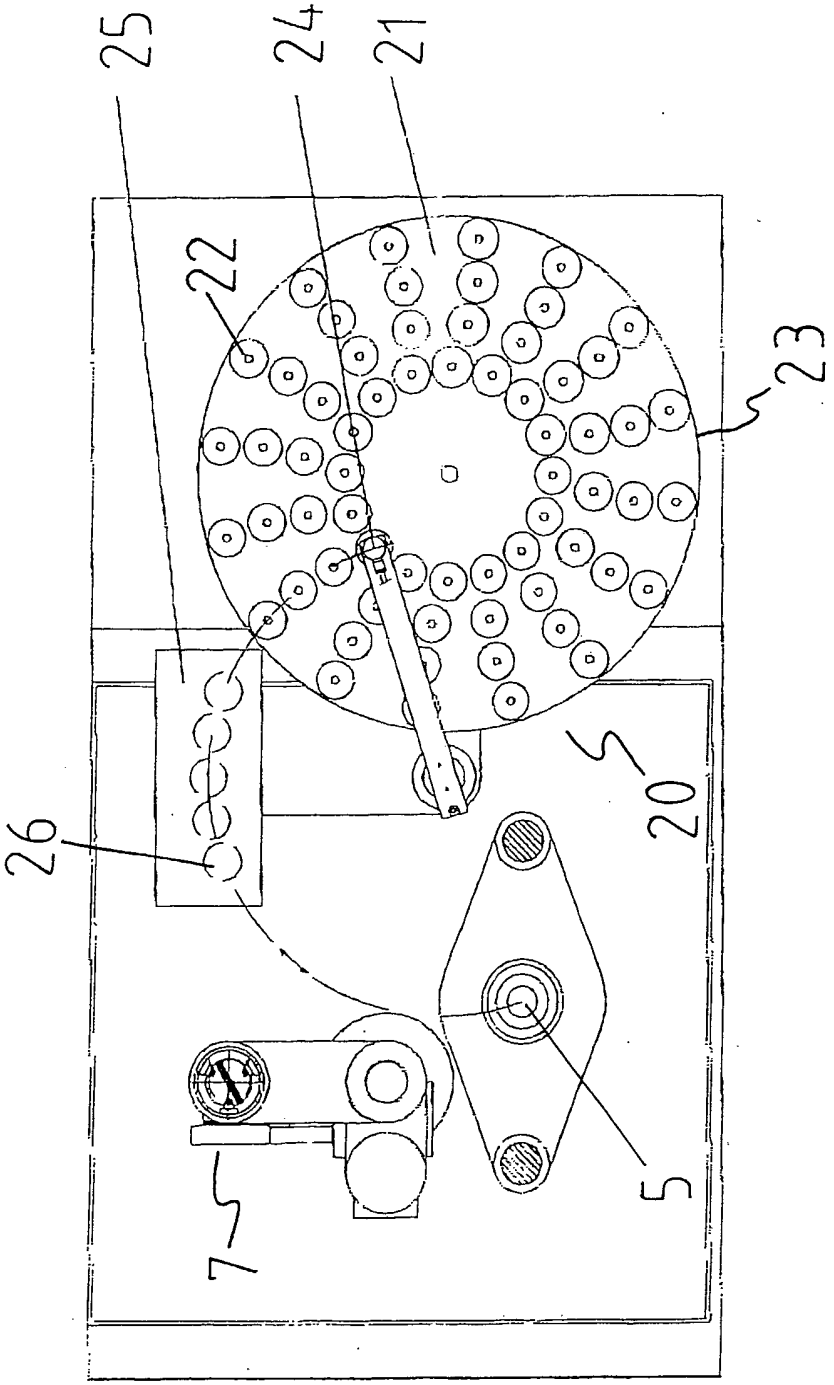


Fig. 5