

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Extruder.

[0002] Ein besonderer Anwendungsbereich für Extruder ist die Verarbeitung und Bearbeitung von Kunststoffen. Es kann sich um Kunststoffe handeln z. B. für

Formteile, Werkstücke, Blöcke, Tafeln, Folien, Bahnen, Beläge, Rohre, Schläuche, Stäbe, Stangen, Profile, Bänder, Schnüre, Drähte, Borsten, Netze
Klebstoffe, Lacke, Leime, Kleister, Kitte, Bindemittel
Farben, Putze, Spachtel, Verguß- und Versiegelungsnassen, Schmelz- und Beschichtungsstoffe, Gele,
Fäden, Fasern, Garne, Seiden, Stränge, Matten, Vliese, Gewebe

[0003] Die Kunststoffe können aus Monomeren und/oder aus Polymeren bestehen. Häufig handelt es sich um ein Gemisch, wobei auch Mischungen mit anderen Stoffen als Kunststoffen vorkommen. Das gilt besonders für die Herstellung von Kunststoffschäum.

[0004] Darüber hinaus können in den Extruder auch andere plastifizierbare bzw. schon plastische Stoffe eingesetzt werden. Dazu gehören z. B. Lebensmittel und Pharmazeutika, auch Chemikalien.

[0005] Mit einem Extruder lassen sich die eingesetzten Stoffe sehr vorteilhaft, aufschmelzen, mischen bzw. homogenisieren und dispergieren. Außerdem kann das Einsatzgut zugleich erwärmt oder gekühlt werden. Zur Erwärmung bzw. Kühlung finden sich in dem Extrudermantel und ggfs. auch in Spindeln Kühlleitungen bzw. Heizleitungen. Zusätzlich bewirkt die von den Extruderspindeln auf das Einsatzgut ausgeübte Verformung eine erhebliche Erwärmung. Z. B. für die Herstellung von Kunststoffschäum ist sehr wichtig, daß im Extruder ein erheblicher Druck aufgebaut werden kann, der ein Aufschäumen im Extruder verhindert.

[0006] Für die Extruder sind verschiedene Bauarten bekannt. Es gibt Einschneckenextruder, Doppelschneckenextruder und Planetwalzenextruder. Der Einschneckenextruder hat nur eine von einem Gehäuse umgebene Schnecke. Der Doppelschneckenextruder besitzt zwei parallel nebeneinander angeordnete Schnecken, die miteinander kämmen. Die Schnecken können sich gleichsinnig drehen oder gegenläufig sein. Der Planetwalzenextruder besitzt eine mittig angeordnete Zentralspindel, die angetrieben wird. Um die Zentralspindel herum sind Planetenspindeln angeordnet. Die Planetenspindeln kämmen mit der Zentralspindel. Die Planetenspindeln sind mit einem innen verzahnten Gehäuse umgeben. Die Planetenspindeln kämmen mit der Innenverzahnung der Gehäuse. Jede Zentralspindeldrehung bewirkt eine Drehung der Planetenspindel. Dabei lau-

fen die Planetenspindeln wie Planeten um die Zentralspindeln um. Die Planetenspindeln und die Zentralspindeln besitzen eine Außenverzahnung. Die Außenverzahnung wird durch Drehen und/oder Fräsen in das Ausgangsmaterial eingearbeitet. Die abschließende Kontur erhält die Verzahnung durch Schleifen. Die Innenverzahnung des Gehäuses wird nach älteren Verfahren durch sogenanntes Ziehen hergestellt. Dabei wird ein Werkzeug in die Innenseite des Gehäuses gedrückt. Das Verfahren hat viele Probleme. Neuere Verfahren sehen eine Formgebung an der Gehäuseinnenseite durch Funkenerosion vor. Dieses Verfahren ist zwar etwas langwieriger als das Ziehen. Die Funkenerosion hat aber gegenüber dem Ziehen ansonsten eine Vielzahl von Vorteilen. Beim Funkenerodieren wird das Werkstück in ein Bad mit nicht leitendem Öl oder einem nichtleitenden, deionisierten Wasser gegeben und elektrisch unter Spannung gesetzt. Zugleich wird ein stromleitendes Werkzeug (Elektrode) dicht an die zu bearbeitende Oberfläche herangebracht, so daß Funken zwischen dem Werkstück dem Werkzeug überspringen. Der Funkenüberschlag bewirkt an dem Werkstück einen Materialabtrag. Der Materialabtrag ist von einigen Umständen abhängig. Dazu gehören die Höhe der Spannung, Frequenz, Spaltbreite, Material und anderes.

[0007] Die verschiedenen Bauarten kommen auch in Kombination vor. Z. B. kann der Primärextruder einer Tandemanlage durch einen Einschneckenextruder oder Doppelschneckenextruder gebildet werden, während der Sekundärextruder ein Planetwalzenextruder ist. Der Primärextruder und der Sekundärextruder können mit unterschiedlicher Drehzahl betrieben werden. Das hat erhebliche Vorteile. Die Kombination unterschiedlicher Extrudersysteme kann auch in einem einzigen Extruder erfolgen. Dabei bilden die miteinander kombinierten Extrudersysteme in dem einen Extruder Extruderabschnitte. Diese Abschnitte können mit den Verfahrensabschnitten des Extruders übereinstimmen, müssen es aber nicht. Die Verfahrensabschnitte sind bei der Aufarbeitung von Kunststoffen z. B. Einziehen des Kunststoffes, Aufschmelzen, Homogenisieren/Dispergieren und Kühlen der Schmelze auf Extrusionstemperatur. Bei der Kombination verschiedener Extrudersysteme in einem Abschnitt wird üblicherweise eine gemeinsame Spindel verwendet. Z. B. setzt sich die Schnecke aus dem als Einschneckenextruder/Abschnitten ausgebildeten Bereich „Aufarbeitung des Kunststoffes“ in den als Planetwalzenextruder/Abschnitt ausgebildeten Bereich „Kühlung der Schmelze auf Extrusionstemperatur“ fort. Im Planetwalzenextruder/Abschnitt bildet die gemeinsame Schnecke die Zentralspindel.

[0008] Die Verwendung einer gemeinsamen Schnecke für unterschiedliche Extruderabschnitte ist für zeitgemäße Extruder relativ einfach, weil diese Schnecken aus Hülsen zusammengesetzt werden, die von einer gemeinsamen Stange durchdrungen

werden und miteinander verspannt werden. Diese Bauweise hat auch andere Vorteile. Die Extruderabschnitte bilden sich häufig auch in dem Extrudergehäuse ab. Dabei werden die Gehäuseabschnitte an den Enden mit Flanschen aneinander verspannt.

[0009] Im folgenden wird nur von Extrudern gesprochen, das schließt sowohl die Kombination mit gleichen oder anderen Extrudern als auch die abschnittsweise Kombination unterschiedlicher Extrudersysteme in einem Extruder ein. Desgleichen ist eingeschlossen die Kombination von Extruderabschnitten gleichen Systems.

[0010] Alle zeitgemäßen Extruder sind mit einer Temperierung versehen. Dazu sind die Extruder innen mit einer Buchse versehen. Die Buchsen sitzt innenseitig verzahnt. Die Verzahnung bildet dann die Innenverzahnung des Gehäuses. Die Buchse besitzt außen Kanäle, die wie Rillen oder wie Gewindgänge oder wie Schneckengänge in die Außenfläche der Buchse eingearbeitet sind. Die außen angeordneten Kanäle lassen sich verhältnismäßig leicht spanabhebend durch Drehen und Fräsen einarbeiten.

[0011] Die so bearbeiteten Kanäle werden in die innen glatten Gehäusebohrungen eingesetzt. Durch die Kanäle werden wahlweise in Schmelzströmungsrichtung oder entgegen der Schmelzströmungsrichtung Kühlmittel oder Heizmittel gedrückt. Wahlweise lassen sich dabei beliebige Heizstrecken und Kühlstrecken erzeugen. Durch die Wendelung der Kanäle wird das Heizmittel oder Kühlmittel besonders lang und kontrolliert an der Gehäusewand bzw. an der Außenwand der Buchse entlang geführt. Das sichert eine extreme Kühlung oder Beheizung. Ob es sich um eine Heizstrecke oder eine Kühlstrecke handelt, ergibt sich aus dem jeweiligen Verfahren. Dabei muß dem durchströmenden Medium entweder Wärme zugeführt oder Wärme entzogen werden.

[0012] Theoretisch könnten die Kanäle auch an der Gehäuseinnenfläche angeordnet sein und können die Buchsen an der Außenseite glatt verlaufen. Die Einarbeitung der Kanäle an der Gehäuseinnenseite ist um einiges aufwendiger als die vorstehend beschriebene Einarbeitung in die Außenfläche der Buchse.

[0013] Im übrigen ist es von Vorteil, die Buchsen durch Schrumpf im Extrudergehäuse zu montieren. Das geschieht durch Erwärmung des Extrudergehäuses. Durch die Erwärmung erfährt das Extrudergehäuse eine Ausdehnung. In dem Zustand wird die kalte Buchse in die Lagerbohrung des Extrudergehäuses geschoben. Bei anschließender Abkühlung zieht sich das Extrudergehäuse zusammen und umschließt die Buchse fest und schließend, wenn die Buchse ein entsprechendes Außenmaß und die Gehäusebohrung ein entsprechendes Innenmaß hat.

Eine solche Situation entsteht bei Anwendung einer sogenannten Preßpassung. In der Preßpassung hat die Buchse außen mindestens den genau gleichen Durchmesser oder einen geringfügig größeren Durchmesser wie das Extrudergehäuse innen. Die bekannten Preßpassungen sind so ausgelegt, daß nach dem Schrumpfen durch entsprechende Erwärmung des Gehäuses wieder eine Trennung der Buchse von dem Extrudergehäuse möglich ist, ohne daß es zu einer Beschädigung der Teile kommt. Die Trennung ist wichtig, um gegebenenfalls die Verzahnung in der Buchse nachzuarbeiten oder die alte Buchse gegen eine neue auszuwechseln.

[0014] Bei den aus Abschnitten zusammengesetzten Extrudergehäusen wird es als Vorteil angesehen, eine gegebenenfalls notwendige Materialzuführung zwischen den Abschnitten vorzunehmen. Die Materialzuführung kann zum Beispiel die Zuführung von Treibmittel zur Herstellung von Schaum sein. Es kann sich bei der Materialzuführung auch um die Zuführung eines anderen Mischungsbestandteiles handeln, um zum Beispiel Kunststoff mit anderem Kunststoff und/oder mit Füllstoffen und/oder mit Zuschlägen zu vermischen.

[0015] Die DE 10356423 hat erkannt, daß es teilweise vorteilhafter sein kann, wenn die Materialzuführung an einem Planetwalzenextruderabschnitt zwischen den beiden Enden des Gehäuseabschnittes erfolgt. Verfahrenstechnisch ist es zweckmäßig, die Materialzuführung dort vorzunehmen, wo die verfahrenstechnisch optimale Stelle ist. Für die Zumischung gibt es ein sogenanntes Fenster am Extruder mit der Stelle frühestmöglicher Zumischung, mit der Stelle spätestmöglicher Zumischung und mit der verfahrenstechnisch optimalen Zumischung. In der Regel ist das Fenster so groß, daß die Stoßstelle zwischen den Gehäusen zweier Extruderabschnitte noch eine geeignete Stelle für eine Materialzuführung beinhaltet. Wenn jedoch die Stelle der Materialzuführung in Förderrichtung des Extruders zurückverlegt werden kann, kann sich die Baulänge des Extruders verringern. Das ist gleichbedeutend mit einer Einsparung an baulichem Aufwand. Dabei ist allerdings auch der Aufwand zu berücksichtigen, um am Extrudergehäuse eine Bohrung für den Materialeintrag einzubringen und um gegebenenfalls Änderungen vorzunehmen. Besondere Schwierigkeiten stehen dem Einbringen der Bohrung in dem Gehäuse entgegen, wenn eine oben beschriebene Temperierung besteht. In dem Fall muß die Materialzuführung die Kanäle der Temperierung durchdringen und zu einer Unterbrechung des Heizmittelstromes oder Kühlmittelstromes führen. Trotz dieser Schwierigkeiten hält die Erfindung an der Möglichkeit der Einbringung von Bohrungen in das Gehäuse fest. Die DE 10 2006 001 171 hat sich die Aufgabe gestellt, die Schwierigkeit zu überwinden.

[0016] Nach der DE 10 2006 001 171 wird das dadurch erreicht, daß die Bohrung durch das Gehäuse hindurchgeführt ist und in die im Gehäuse sitzende, die Innenverzahnung des Gehäuses bildende Buchse ragt, wobei die Materialzuführung mit einem Zuführungsgehäuse oder mit einem Einsatz in die Bohrung ragt und

aa) wobei die Bohrung im Bereich der zum Temperieren dienenden Kanäle eine ringförmige Erweiterung aufweist, so daß um das Zuführungsgehäuse herum ein ringförmiger Verbindungskanal für die zum Temperieren dienenden Kanäle entsteht oder

bb) wobei die Bohrung bis in eine Nut reicht, die sich über den gesamten Umfang oder über einen Teil des Umfangs der im Extrudergehäuse sitzenden, die Innenverzahnung bildenden Buchse erstreckt und deren Breite größer als der Durchmesser des Zuführungsgehäuses ist, so daß um das Zuführungsgehäuse herum ein Verbindungskanal für die dem Temperieren dienenden Kanäle entsteht oder

cc) wobei ein Zuführungsgehäuse verwendet wird, das in die innen verzahnte Buchse des Extrudergehäuses ragt, wobei das Zuführungsgehäuse im Bereich der dem Temperieren dienenden Kanäle mit mindestens einem Verbindungskanal für diese Kanäle versehen ist. Vorteilhafterweise kann der Verbindungskanal spanabhebend durch Fräsen oder Drehen außen in die das Zuführungsgehäuse eingearbeitet werden.

Vorzugsweise ist ein Zuführungsgehäuse mit mehreren Verbindungskanälen vorgesehen, so daß jede durch die Bohrung entstandene Unterbrechung eines Kanals durch einen Verbindungskanal aufgehoben bzw. überbrückt worden ist. Noch weiter bevorzugt ist ein Zuführungsgehäuse mit mehreren Verbindungskanälen versehen, die übereinander liegen. Die einzelnen Verbindungskanäle können als neben einander liegende Nuten in das Zuführungsgehäuse gearbeitet werden. Die Kanäle können außen an dem Zuführungsgehäuse liegen.

Günstig ist dabei, wenn die übereinander liegenden Verbindungskanäle eine Höhe besitzen, die geringer als die Breite ist. Zugleich ist die Breite so groß gewählt, daß die Verbindungskanäle gleichwohl einen ausreichenden Querschnitt zur störungsfreien Weiterleitung des Temperierungsmittels besitzen, vorzugsweise ist der Querschnitt gleich.

Günstig ist, wenn die Höhe der Verbindungskanäle so gewählt ist, daß die Gesamthöhe der übereinander liegenden und durch einen Steg voneinander getrennten Verbindungskanäle nicht höher als die Höhe bzw. Tiefe der zum Temperieren dienenden, außen liegenden Kanäle in der Buchse ist, welche im Extrudergehäuse sitzt und innen mit der Verzahnung versehen ist.

Vorteilhafterweise können die übereinander liegenden Kanäle mit dem das Zuführungsgehäuse in diesem Bereich außen umschließenden Rohrmantel geschlossen werden. Der außen liegende Rohrmantel ist dann mit Einlaßöffnungen und Auslaßöffnungen versehen. Jede Einlaßöffnung ist so angeordnet, daß sie an dem zugehörigen, durch die beschriebene Unterbrechung entstandenen Kanalende liegt.

Wahlweise sind die Verbindungskanäle auch an einer Innenseite des Zuführungsgehäuses eingearbeitet worden und sind die Verbindungskanäle durch einen innen liegenden Rohrmantel verschlossen. Durch außen in das Zuführungsgehäuse eingearbeitete Einlaßöffnungen und Auslaßöffnungen entstehen gleichwohl Verbindungskanäle. oder

dd) wobei die Bohrung gegenüber dem Zuführungsgehäuse vergrößert ist und wobei in dem Gehäuse ein Einsatz mit einer Öffnung oder einem Anschluß zur Aufnahme des Zuführungsgehäuses vorgesehen ist. Der Einsatz besitzt außen liegend oder innen liegend einen oder mehrere Verbindungskanäle, die wie die Verbindungskanäle unter cc) ausgebildet sind bzw. hergestellt werden oder

ee) wobei in der Bohrung ein Einsatz sitzt, an dem das Zuführungsgehäuse befestigt ist und der Einsatz außen liegend oder innen liegend oder innen liegend einen oder mehrere Verbindungskanäle besitzt, die wie die Verbindungskanäle unter cc) ausgebildet sind bzw. hergestellt werden.

[0017] Vorzugsweise entstehen nach der DE 10356423 im Bereich der Durchdringung des Gehäuses Umlenkungen der Temperierungskanäle, so daß ein unkontrollierter Verlauf der Temperierungsmittel, insbesondere eine Kurzschlußströmung, mit dem Zuführungsgehäuse oder dem Einsatz verhindert wird.

[0018] Das oben beschriebene Zuführungsgehäuse/Einsatz kann die im Extrudergehäuse sitzende Buchse so weit durchdringen, daß sie mit der Innenfläche der die Innenverzahnung bildenden Buchse ganz oder teilweise abschließt. Dann ist eine Anpassung des Zuführungsgehäuses/Einsatz an die Innenverzahnung des Gehäuses vorgesehen. Das geschieht durch Verzahnung des in die Innenverzahnung des Extrudergehäuses/Buchse ragenden Zuführungsgehäuses/Einsatzes. Die vorher herausgebohrten Zähne werden dann teilweise (bis auf die notwendige Öffnung für die Materialzuführung) durch das Zuführungsgehäuse/Einsatz ergänzt. Die Planetenspindeln können dann ungestört wieder durch diesen Bereich laufen.

[0019] Vorzugsweise endet die Buchse aber im Zahngrund der Innenverzahnung der Buchse. Dann ist eine Anpassung des Zuführungsgehäuses/Einsatz

zes nicht erforderlich, weil die Planetenspindeln nicht durch das Zuführungsgehäuse/Einsatz am Umlauf gehindert werden können.

[0020] Die Materialzuführung kann durch Pumpen gasförmiger oder flüssiger Medien erfolgen. Solche Medien sind zum Beispiel flüssige Treibmittel. Die Materialzuführung kann aber auch durch einen zweiten Extruder erfolgen, der als sogenannter Seitenarmextruder arbeitet. Dann ist das oben erwähnte Zuführungsgehäuse entweder ein Zwischenstück oder Verbindungsstück zu dem Seitenarmextruder oder das Gehäuse des Seitenarmextruders bildet das Zuführungsgehäuse.

[0021] Der Seitenarmextruder kann die gleiche oder eine andere Bauart besitzen wie der Extruder, in den der Seitenarmextruder das Material einspeist.

[0022] An den aus der DE10356423 bekannten Extrudern stellt sich das gleiche Entgasungsproblem wie bei anderen Extrudern. Bei der Entgasung kann in ganz allgemeiner Form von einer Phasentrennung der Schmelze gesprochen werden. Die eingeschlossene Gasphase der Schmelze wird entfernt. Dabei kann die Gasphase von Anfang an Bestandteil der Schmelze sein oder kann die Gasphase durch Erwärmung in der Schmelze entstehen oder es kann die Gasphase durch Zumischung in die Schmelze gelangt sein. Dies hat für diverse Industrien Bedeutung, z. B. für die Kunststoffindustrie, für die chemische Industrie, für die Lebensmittelindustrie.

[0023] Die Abtrennung der Gasphase kann verschiedene Gründe haben. Im einfachsten Fall handelt es sich bei der Gasphase um störende Geruchsstoffe, die entfernt werden, um die Akzeptanz eines Produktes zu erhöhen. Die Entgasung kann auch der richtige Weg sein, um Reststoffe oder Schleppmittel abzutrennen. Die Entgasung kann auch Anwendung finden, wenn eine Trocknung des Materials stattfinden soll. Das ist bei PET erforderlich. Die Feuchte gefährdet das PET. Deshalb muß eine starke Trocknung erfolgen. Die Trocknung erfolgt durch Erwärmung. Dabei verdampft der Wasseranteil. Der entstehende Dampf wird durch Entgasung abgezogen.

[0024] In anderen Fällen müssen Lösemittel abgetrennt werden. Die Lösemittel werden durch Erwärmung in einen gasförmigen Zustand gebracht und dann abgezogen.

[0025] Zum Teil stellt sich das Entgasungsproblem ohnehin im Extruder. Zum Teil wird das zu trennende Material zum Zwecke der Phasentrennung extra in einen Extruder aufgegeben. Im Extruder läßt sich das zu behandelnde Material je nach Beschaffenheit sehr vorteilhaft ganz oder teilweise in die Form einer Schmelze bringen, um die entstehende Schmel-

ze teilweise in einen gasförmigen Aggregatzustand zu bringen.

[0026] Die Entgasung erfolgt im Extruder durch Druckreduzierung. Durch Druckreduzierung wird eingeschlossenem Gas die Gelegenheit gegeben zu expandieren. Bei ausreichendem Druckabfall ist die Expansion so groß, daß das Gas in die Richtung austritt, aus der der Druckabfall erzeugt wird. Zumeist wird der Druckabfall durch eine Gehäuseöffnung erzeugt, an der ein entsprechend geringer Druck anliegt. Eine besonders hohe Entgasungswirkung entsteht, wenn ein Unterdruck angelegt wird. Mit Unterdruck ist ein Druck bezeichnet, der noch geringer als der Druck der umgebenden Atmosphäre ist. Im Planetwalzenextruder gehört die Entgasung gleichfalls zum Stand der Technik. Das gilt auch für modular aufgebaute Extruder mit mehreren, hintereinander angeordneten Planetwalzenmodulen. Dabei wird vorzugsweise der Übergang von einem Planetwalzenmodul in den nächsten Modul genutzt, der auch ein Planetwalzenteil/Modul sein kann. An dem Übergang, genauer am Ende des in Schmelzeströmungsrichtung ersten Planetwalzenteils befindet sich ein Anlaufring, an dem die umlaufenden Planetenspindeln mit ihren Stirnflächen gleiten. Der Anlaufring bewirkt üblicherweise auch eine Reduzierung des Strömungsquerschnittes für die Schmelze. Das ist gleichbedeutend mit einer Stauwirkung. Der Schmelzedruck erhöht sich. In einem sich anschließenden weiteren Planetwalzenteil vergrößert sich der Strömungsquerschnitt im Extruder. Dort findet dann an neueren Planetwalzenextrudern die Entgasung statt. Die Anmelderin hat eine Entgasung durch den Anlaufring hindurch propagiert. Dem haben sich andere Hersteller angeschlossen. Die Entgasungsleitung wird im Bereich der Flansche an den Gehäusen geführt. Das hat den Vorteil, daß die Innenverzahnung der Gehäuse nicht gestört wird.

[0027] Die DE 10 2006 001 171 wendet sich von der Entgasung durch den Anlaufring hindurch ab und der bereits verlassenen Technologie der Öffnung am Extrudergehäuse sowie der die Gehäuseverzahnung durchbrechenden Bohrung wieder zu. Dabei greift die DE 101 2006 001 171 die in der DE 10356423 beschriebene Bauart auf, bei der ein Seitenarmextruder zum Zwecke des Materialeintrages an ein Planetwalzenextrudergehäuse angeflanscht ist. Nach der DE 101 2006 001 171 wird ein Planetwalzenteil, in dem ein Druckabfall für eine Entgasung stattfindet, mit einem Seitenarmextruder versehen.

[0028] Der Seitenarmextruder wird jedoch nicht für den Materialeintrag sondern für die Entgasung genutzt. Dabei wird wie herkömmlich ein Unterdruck angelegt. Zugleich wird der Extruder vorzugsweise im Modus Materialeintrag, aber leer gefahren, so daß der Seitenarmextruder die aus dem Planetwalzenextruder austretende Schmelze zurückdrängt. Das der Schmelze enthaltene Gas kann jedoch entweichen.

Vorteilhafterweise eröffnet eine derartige Entgasung die Möglichkeit zu einer Entgasung ohne daß in gleichem Umfang wie bei der herkömmlichen Entgasung eine Entspannung der Schmelze bzw. Druckabbau der Schmelze im Extruder stattfindet. Infolgedessen ist die Entgasung wesentlich flexibler in der Anwendung.

[0029] Wahlweise kann der Seitenarmextruder auch mit einer Materialbeladung gefahren werden, die noch eine Entgasung durch das mit dem Seitenarmextruder zugeführte Material möglich macht. Dabei soll der Unterdruck der Entgasung geringer als die Förderwirkung des Seitenarmextruders sein.

[0030] Der Seitenarmextruder kann verschiedene Bauweisen haben. Es gibt Einschneckenextruder, Doppelschneckenextruder und Planetwalzenextruder. Der Einschneckenextruder ist die billigste Bauart eines Extruders, aber auch der Extruder mit der kleinsten Bauweise. Bei der Verwendung eines Einschneckenextruders soll die Steigung der Schnecke die gewünschte Förderwirkung verursachen. Zugleich sind die Schneckengänge und der Schneckendurchmesser auf die zu entgasende Schmelze ausgelegt und wird die Schnecke mit einer Drehzahl betrieben, bei der die zu entgasende Schmelze allenfalls in die Schneckengänge dringt, aber wieder in den Schmelzestrom zurück gefördert wird.

[0031] Der Doppelschneckenextruder besitzt zwei parallel nebeneinander angeordnete und miteinander kämmende Schnecken. Der Doppelschneckenextruder ist zwar aufwendiger als ein Einschneckenextruder. Der Doppelschneckenextruder hat jedoch eine wesentlich größere Förderwirkung als ein Einschneckenextruder. Gleichwohl ist der Doppelschneckenextruder noch verhältnismäßig günstig. Außerdem baut der Doppelschneckenextruder noch sehr klein. Aufgrund der hohen Förderwirkung läßt sich mit dem Doppelschneckenextruder leicht sicherstellen, daß die zu entgasende Schmelze in dem Schmelzestrom bleibt. Soweit darüber hinaus ein gleichzeitiger Materialeintrag vorgesehen ist, läßt sich auch das günstig mit der hohen Förderwirkung erreichen.

[0032] Wahlweise wird für diesen Seitenarmextruder auch ein Planetwalzenteil verwendet. In der Anwendung für die Entgasung kann dieser gleiche Planetwalzenteil so gefahren werden, daß in dem den Seitenarmextruder bildenden Planetwalzenteil ein Druckabfall gegenüber dem Druck in dem vorhergehenden Planetwalzenteil entsteht. Dies entsteht kann durch verschiedene Maßnahmen erreicht werden. Dazu gehören bauliche Maßnahmen wie auch betriebliche Maßnahmen. Eine sehr vorteilhafte bauliche Maßnahme ist die Verringerung der Anzahl der umlaufenden Planeten. Die Verringerung der Anzahl umlaufender Planeten erfolgt dadurch, daß ein Teil der Planetenspindeln aus dem Planetwalzenteil

herausgenommen wird. Dabei ist wichtig, daß die verbleibenden Planetenspindeln gleichmäßig um die Zentralspindel verteilt sind. Die Mindestzahl der Planetenspindeln ist 3, vorzugsweise ist mindestens eine Zahl von 4 Planetenspindeln vorgesehen, um zu einem sicheren und ruhigeren Lauf der Planetenspindeln zu kommen. Wahlweise werden die Planetenspindeln auch ganz oder teilweise gegen kürzere Planetenspindeln oder gegen Planetenspindeln mit geringerer Förderwirkung ausgewechselt. Die geringere Förderung entsteht zum Beispiel durch Änderung der Verzahnung. Bei einer Anfangsausrüstung eines Planetwalzenteils entfällt das Auswechseln und wird die Planetenspindelanzahl gegenüber dem vorherigen Planetwalzenteil reduziert. Mit anderer/geänderter Verzahnung sind nur Planetenspindeln gemeint, die mit der Zentralspindel und dem innen verzahnten Gehäuse gleichwohl lauffähig bleiben. Die andere Verzahnung kann dadurch entstehen, daß einzelne Abschnitte der Verzahnung entfernt worden sind. Die andere Verzahnung kann auch dadurch entstehen, daß in die Verzahnung eine gegenläufige Verzahnung gefräst wird. Dann entstehen sogenannte Noppenspindeln der Anmelderin. Die Noppenspindeln bewirken einen Druckabfall und zugleich eine höhere Mischleistung. Das begünstigt die Entgasung.

[0033] Es kann auch die Verzahnung verändert werden, z. B. mit einem größeren Spiel versehen werden.

[0034] Es können auch andere Planetwalzenteile mit größeren oder kleineren Abmessungen zur Anwendung kommen. Das schließt sowohl kleinere als auch größere Gehäuse mit gleichen Zentralspindeln ein. Das schließt auch andere kleinere Zentralspindeln ein. Das ist möglich, weil die Zentralspindeln sich aus Hülsen zusammensetzen, die mit einer innen liegenden Stange verspannt werden, und weil kleinere oder größere Hülsen auf der Stange montiert werden können bzw. vorhandene Hülsen durch andere ersetzt werden können.

[0035] Wahlweise können die einzelnen Maßnahmen zur Druckreduzierung auch insgesamt oder teilweise miteinander kombiniert werden.

[0036] Durch Änderung der Schneckendrehzahl kann der Gasabzug gesteuert werden.

[0037] Wahlweise ist auch eine mehrstufige Entgasung vorgesehen. Dabei folgt der oben beschriebenen Entgasung eine weitere Entgasung an anderer Stelle des Extruders.

[0038] Das für die Entgasung vorgesehene Planetwalzenteil ist vorzugsweise gleich dem für den als Seitenarmextruder vorgesehene Planetwalzenteil. Das Planetwalzenteil ist für den Anwendungsfall des Entgasens zwar überdimensioniert.

[0039] Der oben beschriebene Seiteneintrag hat sich bewährt. Gleichwohl hat sich die Erfindung die Aufgabe gestellt, den Seiteneintrag noch zu verbessern. Dabei geht die Erfindung von der Erkenntnis aus, daß im Bereich des Seiteneintrages eine Schwachstelle an der Verzahnung entstehen kann.

[0040] Nach der Erfindung wird die Schwachstelle mit den Merkmalen des Hauptanspruches erreicht. Bevorzugte Ausführungsformen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

[0041] Kennzeichnend für die erfindungsgemäßen Maßnahmen ist eine besondere Gestaltung der Zähne der Innenverzahnung des Gehäuses an den Zahnenden, welche dem Zuführungsgehäuse des Seiteneintrages zugewandt sind. Nach der Erfindung fallen diese Zahnenden ab, so daß ein Zahnbruch an diesen Zahnenden vermieden wird. Dabei sollen die Zahnenden höchstens eine Neigung aufweisen, welche um 5 Grad steiler als die Neigung der Zahnflanken zum Teilkreisdurchmesser der Verzahnung ist. Vorzugsweise ist die Neigung um mindestens 5 Grad weniger steil als die Neigung der Zahnflanken, noch weiter bevorzugt mindestens 10 Grad weniger steil als die Neigung der Zahnflanken und höchst bevorzugt mindestens 15 Grad weniger steil als die Neigung der Zahnflanken. Die Zahnenden müssen nicht auf der ganzen radialen Länge geneigt sein. Eine sehr deutliche Verringerung der Gefahr eines Zahnbruches entsteht schon, wenn die Zahnenden mindestens an ihrem äußeren Drittel (bezogen auf die Zahnhöhe) des Ende geneigt verlaufen. Vorzugsweise verlaufen die Zahnenden mindestens an ihrer äußeren Hälfte (bezogen auf die Zahnhöhe) geneigt, noch weiter bevorzugt mindestens an 2/3 (bezogen auf die Zahnhöhe) am Ende geneigt und höchst bevorzugt auf ihrem gesamten Ende geneigt.

[0042] Günstig ist auch, wenn an der Neigungsfläche der Zahnenden alle Kanten gebrochen sind. Vorzugsweise ist die Neigungsfläche zumindest an den Kanten gerundet. Vorzugsweise hat der Radius der Rundung mindestens ein Maß, welches mindestens 10% der Dicke der Zähne auf Zahnkopf ist, noch weiter bevorzugt mindestens 20% der Dicke der Zähne am Zahnkopf und höchstbevorzugt mindestens 30% der Dicke der Zähne am Zahnkopf.

[0043] Wahlweise können auch Zähne, welche durch die Bohrung für den Seiteneintrag nur an den Zahnflanken angeschnitten sind, im angeschnittenen Bereich durchtrennt werden, so daß auch dort Enden entstehen, die in obiger Form vor einem Ausbrechen geschützt werden. Auf die Wirkung des Extruders hat das wie auch die Neigung der Zahnenden überhaupt nur einen vernachlässigbaren Einfluß.

[0044] Die erfindungsgemäß Neigung und gegebenenfalls Rundung kann durch Schleifen herbeigeführt

werden. Günstig ist ein Schleifen mit einer maschinell geführten Schleifmaschine. Im Zweifel kann das Schleifen auch von Hand erfolgen.

[0045] In der Zeichnung sind zum besseren Verständnis verschiedene Ausführungsbeispiele für einen Seiteneintrag dargestellt, wie sie aus der DE 10 2006 001 171 bekannt sind. In weiteren Figuren ist die erfindungsgemäß Neigung der Zahnenden erläutert.

[0046] Dabei ist in den [Fig. 2](#) bis [Fig. 7](#) ein Planetwalzenteil für einen Extruder nach [Fig. 1](#) gezeigt, das sowohl für eine Entgasung als auch für einen bekannten Materialeintrag vorgesehen ist.

[0047] [Fig. 1](#) zeigt einen Extruder für die Aufbereitung von Kunststoff mit vier Abschnitten. Drei Extruderabschnitte sind als Planetwalzenextruderabschnitte ausgebildet, der vierte Extruderabschnitt ist als Einschneckenextruder ausgebildet und dient dem Materialeintrag. Dabei sind mit **5** die Gehäuse der Planetwalzenextruderabschnitte und das Gehäuse des Einschneckenextruderabschnittes mit **1** bezeichnet. Jedes Gehäuse **5** besitzt angeschweißte Flansche **6** und **7**, die in nicht dargestellter Form miteinander verschraubt sind. Das Gehäuse **1** ist mit Flanschen **3** und **4** versehen, die wie die Flansche **6** und **7** der Befestigung dienen. Jedes Gehäuse **1** und **5** ist innen mit Buchsen ausgekleidet. Ferner sind an der Gehäuseinnenseite Kanäle dargestellt, die je nach Bedarf mit Heizmittel oder Kühlmittel beaufschlagt werden.

[0048] Die dargestellten Enden der Gehäuse **5** sind hinten ausgedreht und jeweils mit einem Zentrierring **11** und Anlaufring und Verschleißring **8** versehen. Der Anlaufring und Verschleißring **8** bildet die Gleitfläche für Planetenspindeln **10**. Der Anlaufring und Verschleißring **8** besitzt einen Innendurchmesser der kleiner als der bezeichnete Rollradius der Planetenspindeln **10** ist.

[0049] Alle Extruderabschnitte besitzen eine gemeinsame Spindel. Diese gemeinsame Spindel ist im Bereich der Planetwalzenextruderabschnitte mit **9** und bildet dort die Zentralspindel. Im Bereich des als Einzug dienenden Einschneckenextruderabschnittes ist die gemeinsame Spindel mit **19** bezeichnet. Das Einsatzmaterial ist im Ausführungsbeispiel Kunststoff und wird über einen Trichter durch eine Öffnung **2** eindosiert. Der Kunststoff wird im ersten Extruderabschnitt verdichtet und unter Druck gesetzt und erwärmt, so daß bereits eine Plastifizierung des Kunststoffes stattfindet. Im zweiten Extruderabschnitt findet eine Zudosierung und Mischung mit Füllstoffen statt; im dritten Extruderabschnitt eine Homogenisierung der Schmelze. Im letzten Extruderabschnitt findet eine Abkühlung der Schmelze auf Austrittstemperatur statt.

[0050] Die aufbereitete Schmelze tritt an der Extruderspitze **12** in eine nicht dargestellte Extrusionsdüse.

[0051] In [Fig. 4](#) ist ein Planetwalzenteil mit einem Seitenarmextruder **20** für das Eindosieren von Material vorgesehen. Der Seitenarmextruder ist als Doppelschneckenextruder ausgebildet. Der Doppelschneckenextruder besteht aus zwei gegenläufig arbeitenden Schnecken, die das einzutragende Material mit erheblichem Druck in den betreffenden Planetwalzenextruderabschnitt drücken. Im Ausführungsbeispiel wird ein feinkörniger Feststoff, zum Beispiel ein Füller, über den Seitenarmextruder eingetragen, um das Material in einer Schmelze zu dispergieren, die sich in dem Planetwalzenextruderabschnitt befinden. In anderen Ausführungsbeispielen wird Schmelze über den Seitenarmextruder in den Planetwalzenextruderabschnitt eingetragen und in feinkörnigem Feststoff dispergiert, der sich in dem Planetwalzenextruderabschnitt befindet.

[0052] Das Gehäuse des Seitenarmextruders ist mehrteilig. Der Kopfteil **21** sitzt als Zuführungsgehäuse in einer Bohrung des Planetwalzenextrudergehäuses **5**. Die Bohrung durchdringt zugleich die zugehörige Buchse **22** und schließt mit der Innenfläche der Buchse **22** ab.

[0053] Im Ausführungsbeispiel ist der Seitenarmextruder geeignet, sehr hohe Eintragsdrücke zu erzeugen. Darüber hinaus ist der Seitenarmextruder in der Drehrichtung umkehrbar, so daß mit dem Seitenarmextruder auch ein Saugzug aufgebaut werden kann.

[0054] Im Ausführungsbeispiel der [Fig. 1](#) kann der in [Fig. 4](#) dargestellte Planetwalzenteil **5** sowohl unmittelbar nach dem Materialeinzug bzw. Füllteil als zweiter Planetwalzenteil wie auch nach dem zweiten Füllteil als dritter Planetwalzenteil zum Einsatz kommen.

[0055] In der Anwendung als zweiter Planetwalzenteil dient der in [Fig. 4](#) dargestellte Planetwalzenteil **5** im Ausführungsbeispiel zum Eintragen eines Füllers. In der Anwendung als dritter Planetwalzenteil dient der in [Fig. 4](#) dargestellte Planetwalzenteil **5** zur Entgasung. Dabei ist der Seitenarmextruder durch Umkehrung der Drehrichtung von Drücken auf Saugen gebracht worden und ist die Anzahl der Planetwalzenstadien von 6 auf 4 reduziert worden, so daß nur noch ein Bruchteil des Schmelzedruckes entsteht, der im zweiten Planetwalzenteil entsteht. Die Schmelze erfährt dadurch beim Eintritt in den dritten Planetwalzenteil einen erheblichen Druckabfall. Dadurch wird eingeschlossenes Gas frei und über den Seitenarmextruder abgezogen.

[0056] In einem weiteren Ausführungsbeispiel nach [Fig. 3](#) reicht das mit **30** bezeichnete Extrudergehäuse des Seitenarmextruders bis an das Gehäuse **5**

heran. Das Extrudergehäuse **30** ist mit einem Einsatz **31** verbunden, der in einer Bohrung des Gehäuses **5** sitzt. Der Einsatz **31** besitzt an seiner Außenseite drei übereinander liegende Nuten **32** und **34**. Zwischen beiden Nuten **32** und **34** besteht ein Steg **33**. Diese Nuten bilden Verbindungskanäle. Es sind zwei Verbindungskanäle vorgesehen, weil die Verzahnung der Buchse **22** durch die zugehörige Bohrung an zwei Stellen unterbrochen worden ist. Jeder Verbindungskanal ist für eine Unterbrechung bestimmt und verbindet das eine Unterbrechungsende mit dem zugehörigen anderen Unterbrechungsende. Die Nuten **32** und **34** sind durch einen außen liegenden Rohrmantel **35** verschlossen, so daß kein Heizmittel oder Kühlmittel falsch eintreten oder austreten kann. Im Ausführungsbeispiel ist eine Eintrittsöffnung **37** der Nut **34** dargestellt. Die Eintrittsöffnung der Nut **32** liegt an anderer, nicht dargestellter Stelle. Die Austrittsöffnung liegt im Ausführungsbeispiel auf der diametral gegenüberliegenden, nicht dargestellten Seite des Einsatzes **31**.

[0057] Das Ausführungsbeispiel nach [Fig. 4](#) zeigt die Anwendung eines Extruders für die Schaumherstellung. Dabei wird über einen Einsatz **40**, der in dem Extrudergehäuse **5** sitzt, flüssiges Treibmittel in die Kunststoffschmelze gepumpt. Im Bereich der Buchse **41** ist ein nicht dargestellter Einsatz vorgesehen, der sich von dem Einsatz nach [Fig. 3](#) dadurch unterscheidet, daß nur ein Verbindungskanal vorgesehen ist.

[0058] Die Ausführungsbeispiele 5 bis 7 zeigen einen Planetwalzenextrudermodul mit einem Gehäuse **101** und einem angeflanschten Seitenarmextruder.

[0059] Der Planetwalzenmodul besitzt ein Extrudergehäuse mit einer darin angeordneten innen verzahnten Buchse **90**. Das Gehäuse **101** ist auf der Buchse **90** aufgeschraubt.

[0060] Die Buchse **90** besitzt außenseitig Kanäle **91** für Temperierungsmittel, vorzugsweise Kühlmittel. Die Kanäle **91** verlaufen wendelförmig an der Außenseite der Buchse und sind durch Fräsen entstanden. Es sind im Ausführungsbeispiel zwei verschiedene Temperierungsbereiche vorgesehen. Der eine Bereich ist durch Zu- und Abflüsse **120**, **121** gekennzeichnet, der andere Bereich durch Zu- und Abflüsse **122**, **123**. Innenseitig ist die Buchse **90** mit einer Verzahnung **92** vorgesehen, wie sie erforderlich ist, um mit den in [Fig.](#) dargestellten Planetenspindeln zusammen zu wirken. Für den Seitenarmextruder ist eine Bohrung **93** vorgesehen. Die Bohrung **93** dringt bis in das Innere der Buchse **90**. Die Bohrung ist gestuft. Sie besitzt einen Teil mit einem größeren Durchmesser und einen Teil mit einem kleineren Durchmesser. Das führt am Übergang von einem Durchmesser zum anderen Durchmesser zu einer Stufung mit einer Aufstandsfläche **102** am Gehäuse. Von der

Bohrung werden verschiedene Zähne der Verzahnung **92** durchdrungen. Dadurch entstehen Zahnenden, von denen in **Fig. 8** ein Ende **94** dargestellt ist. Zu dem Zahnende **94** gehören ein Zahnkopf **95** und ein mit Strich-Punkt dargestellter Zahnfuß **97**. Der radiale Abstand vom Zahnfuß **97** zum Zahnkopf **95** ist die Zahnhöhe **99**.

[0061] Von dem Zahnende ist ein Teil abgeschliffen worden, so daß eine gerade Schnittfläche **96** entsteht, die in etwa trapezförmig ist. Die Schnittfläche **96** verläuft im Ausführungsbeispiel geneigt. Der Neigungswinkel zur Längsachse der Buchse ist gleich der Flankenneigung des Zahnes **94** plus 10 Grad. Bei gewölbten Zahnflanken ist die Flankenneigung die mittlere Flankenneigung zwischen dem Zahnkopf **95** und dem Zahnfuß **97**. Durch die Schnittfläche **96** entstehen Kanten, welche in anderen Ausführungsbeispielen abgerundet sind.

[0062] Der Seitenarmextruder ist ein Doppelschneckenextruder und besteht aus verschiedenen Teilen. Dazu gehören zwei nebeneinander angeordnete Schnecken **116**, welche miteinander kämmen und über einen Motor angetrieben werden. Zwischen Motor und Schnecken **116** sind ein Getriebe und eine Kupplung **111** mit einem Gehäuse **115** vorgesehen. Außerdem ist der Seitenarmextruder aus einem Füllteil und einem **109** und einem Extrusionsteil **102** zusammengesetzt. Das Füllteil **109** besitzt eine Öffnung für einen nicht dargestellte Materialzuführung. Im Ausführungsbeispiel wird das Füllteil nicht zur Materialzuführung sondern zur Entgasung genutzt. Die Materialzuführung liegt durch eine angeschlossene Saugleitung unter Unterdruck.

[0063] Der Seitenarmextruder besitzt im Extrusionsteil **102** ein temperiertes Gehäuse. Das Gehäuse besitzt ein gestuftes Ende **104**, mit dem es in einer Bohrung **103** sitzt, die sich durch das Gehäuse des Planetwalzenteiles **101** und durch die zugehörige Buchse bis in den Innenraum des Planetwalzenmoduls erstreckt. Die Bohrung bedingt in dem Bereich der Zu- und Abflüsse **122**, **123** eine besondere Führung der für das Temperierungsmittel vorgesehen Kanäle an der Außenseite der Buchse. Dort sind die Kanäle um den Bereich der Bohrung herumgeführt worden, so daß auch die Umgebung der Bohrung temperiert wird. Zusätzliche Möglichkeit zur Temperierung ergibt sich in der Umgebung durch das temperierte vordere Ende des Seitenarmextruders.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- DE 10356423 [[0015](#), [0017](#), [0022](#), [0027](#)]
- DE 102006001171 [[0015](#), [0016](#), [0027](#), [0045](#)]
- DE 1012006001171 [[0027](#), [0027](#)]

Patentansprüche

1. Extruder in Planetwalzenbauweise oder mit modularem Aufbau

und einem Planetwalzenmodul, das aus einem Extrudergehäuse mit mindestens einer in dem Extrudergehäuse umlaufenden Zentralspindel und umlaufenden Planetenspindeln besteht, die einerseits mit der umlaufenden Zentralspindel kämmen und andererseits mit einer Innenverzahnung im Extrudergehäuse kämmen, insbesondere mit einem Extrudergehäuse, welches eine Temperierung besitzt,

wobei zur Temperierung eine im Extrudergehäuse sitzende Buchse gehört und wobei zwischen der Buchse und dem Extrudergehäuse Kanäle vorgesehen sind, die mit Kühlmittel und/oder Heizmittel durchströmt werden,

wobei die Buchse eine Innenverzahnung besitzt, mit der die umlaufenden Planetenspindeln kämmen, wobei an dem Extrudergehäuse des Planetwalzenextruders oder an dem Extrudergehäuse des Planetwalzenmoduls ein Seitenarmextruder angeflanscht ist und für den Seitenarmextruder eine Bohrung durch das Gehäuse und dessen Innenverzahnung gebracht worden ist,

wobei der Seitenarmextruder unmittelbar oder mit einem Einsatz höchstens bis zum Zahngrund der Innenverzahnung in den Planetwalzenextruder oder den Planetwalzenmodul ragt,

dadurch gekennzeichnet, daß die durch die Bohrung entstandenen Zahnenden bohrungsseitig abfallen, wobei die Zahnenden bohrungsseitig höchstens eine Neigung aufweisen, welche um 5 Grad steiler als die Neigung der Zahnflanken zum Teilkreisdurchmesser der Verzahnung ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zahnenden bohrungsseitig eine Neigung aufweisen, welche um mindestens 5 Grad weniger steil ist als die Neigung der Zahnflanken zum Teilkreisdurchmesser der Verzahnung.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Zahnenden bohrungsseitig eine Neigung aufweisen, welche um mindestens 15 Grad weniger steil ist als die Neigung der Zahnflanken zum Teilkreisdurchmesser der Verzahnung.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Zahnenden mindestens an ihrem äußeren Drittel, bezogen auf die Zahnhöhe, geneigt verlaufen.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Zahnenden mindestens auf der äußeren Hälfte, bezogen auf die Zahnhöhe, geneigt verlaufen.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Zahnenden mindestens auf dem äußeren 2/3, bezogen auf die Zahnhöhe, geneigt verlaufen.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß an den Zahnenden alle Kanten gebrochen sind.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, gekennzeichnet durch eine Rundung an allen Kanten des Zahnendes.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Radius der Rundung mindestens gleich 10% der Dicke der Zähne am Zahnkopf ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Radius der Rundung mindestens gleich 20% der Dicke der Zähne am Zahnkopf ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Radius der Rundung mindestens gleich 30% der Dicke der Zähne am Zahnkopf ist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß Zähne, welche durch die Bohrung nur angeschnitten sind, in dem angeschnittenen Bereich durchtrennt sind, so daß dort Zahnenden entstehen.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, gekennzeichnet durch geschliffene Neigungen und Rundungen an den Zahnenden.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

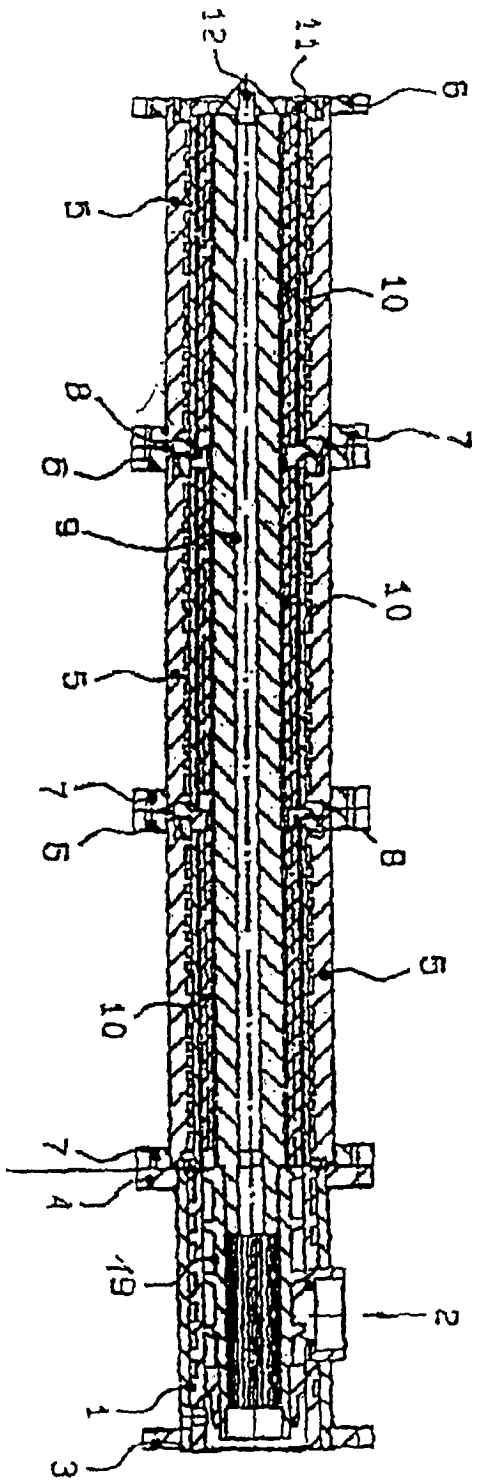


Fig. 1

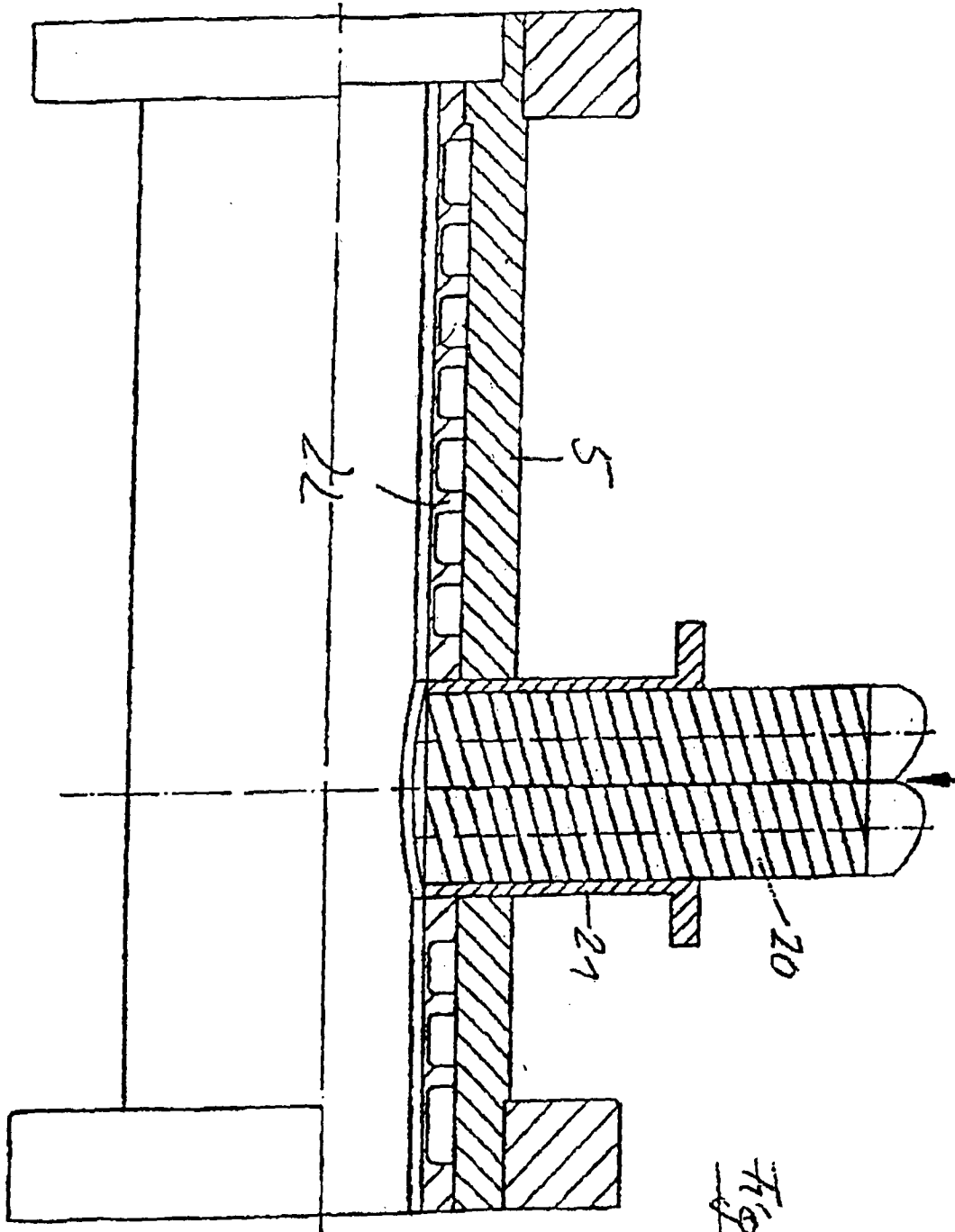


Fig. 2

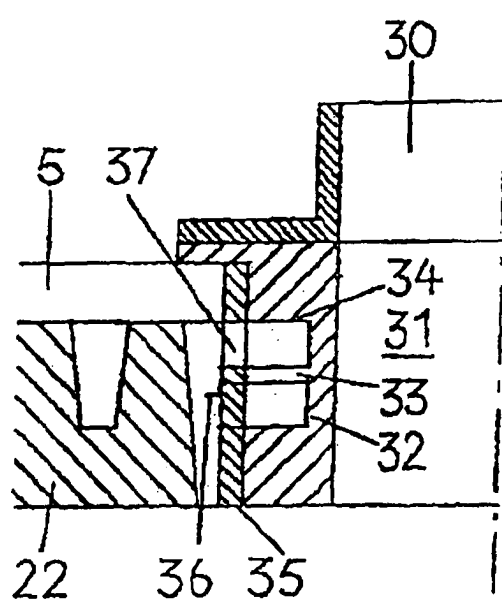
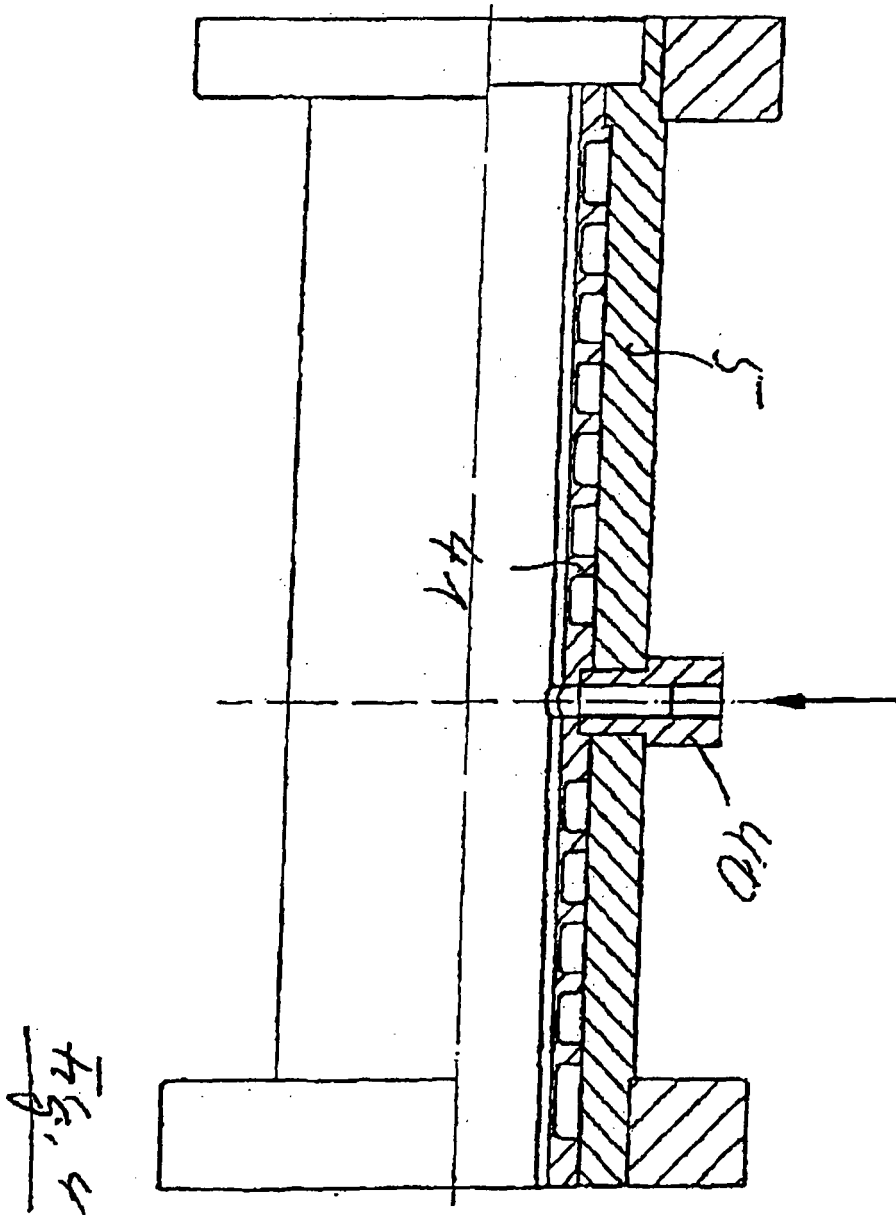


Fig. 3



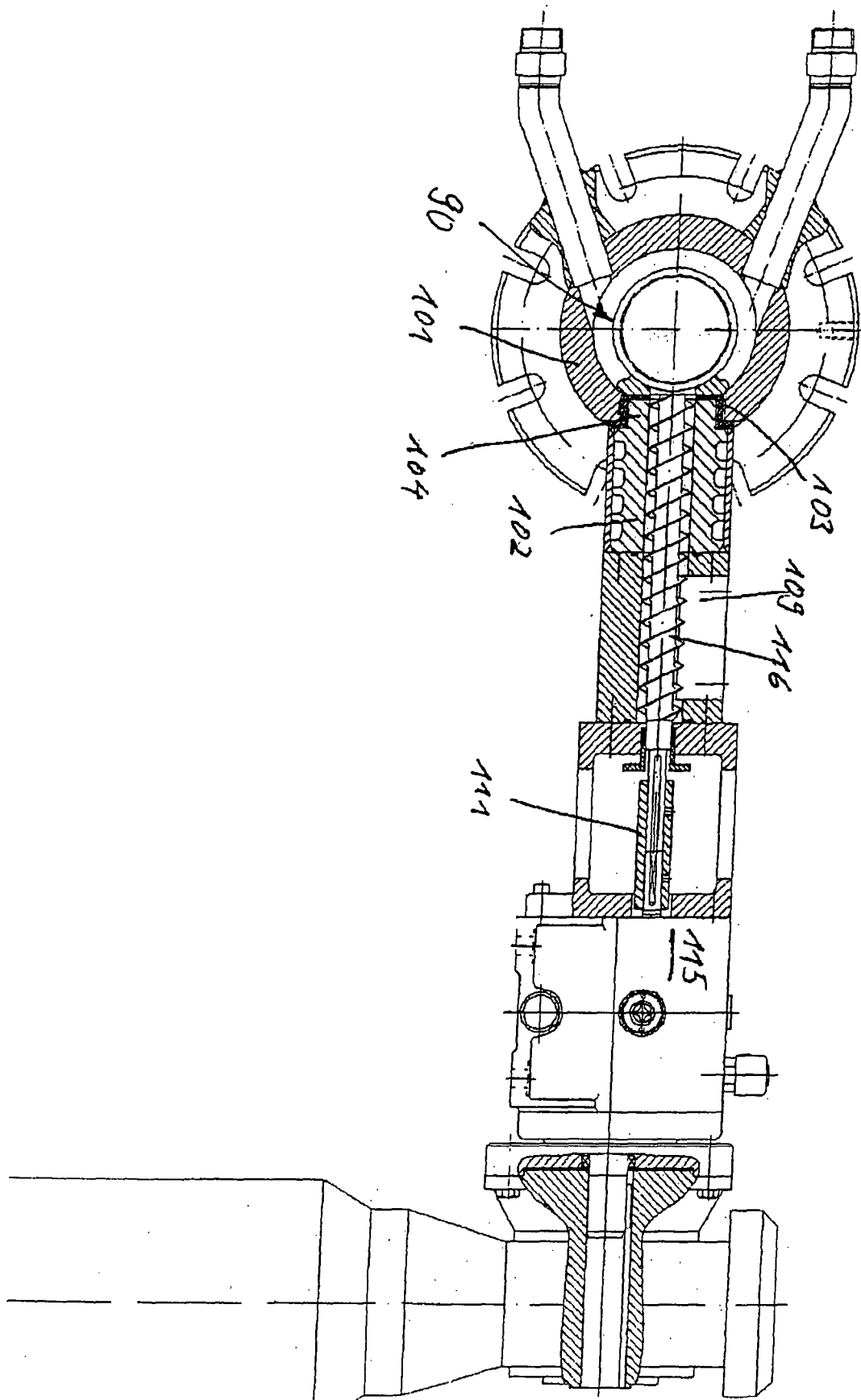


FIG. 5

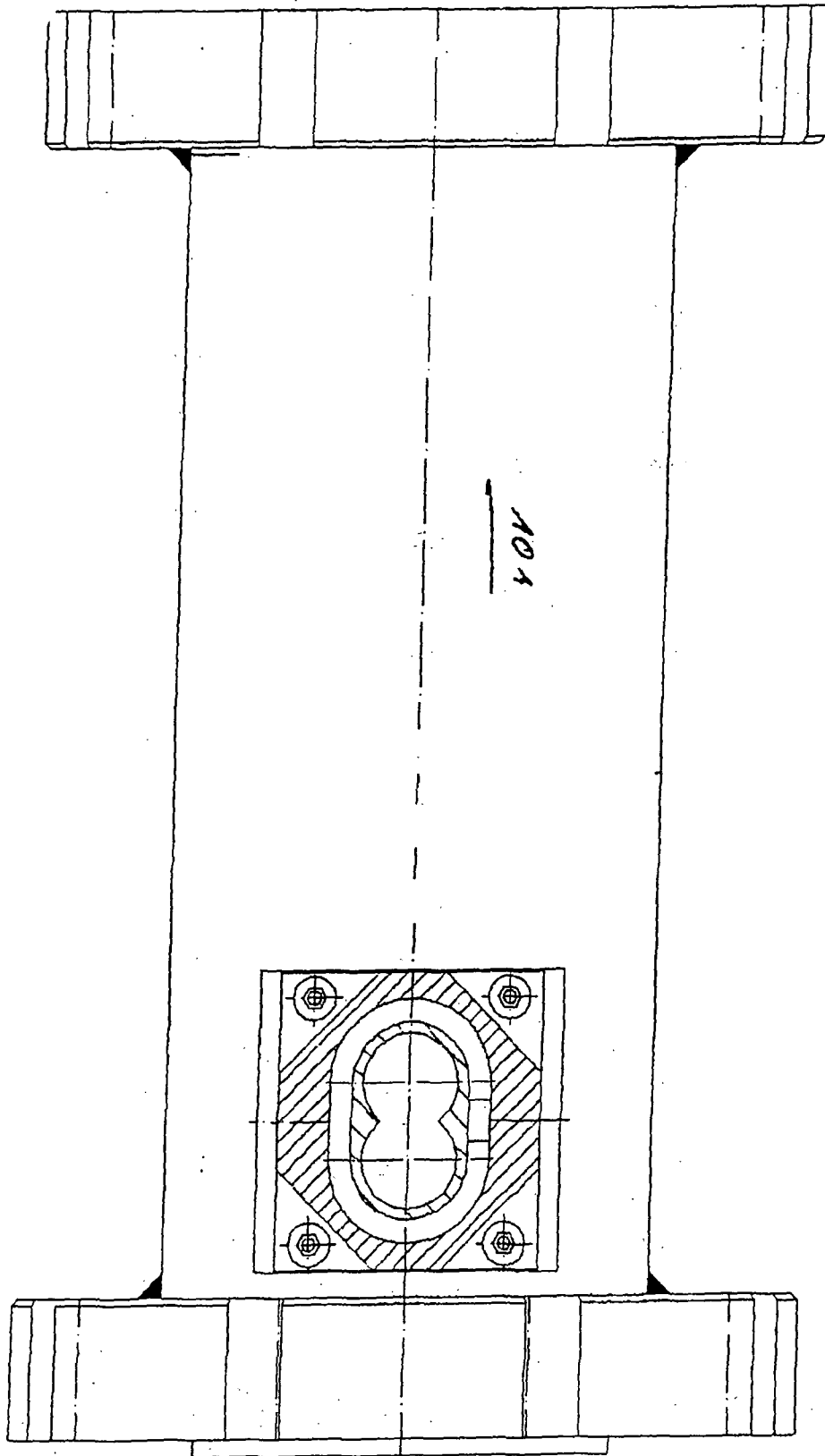


Fig. 6

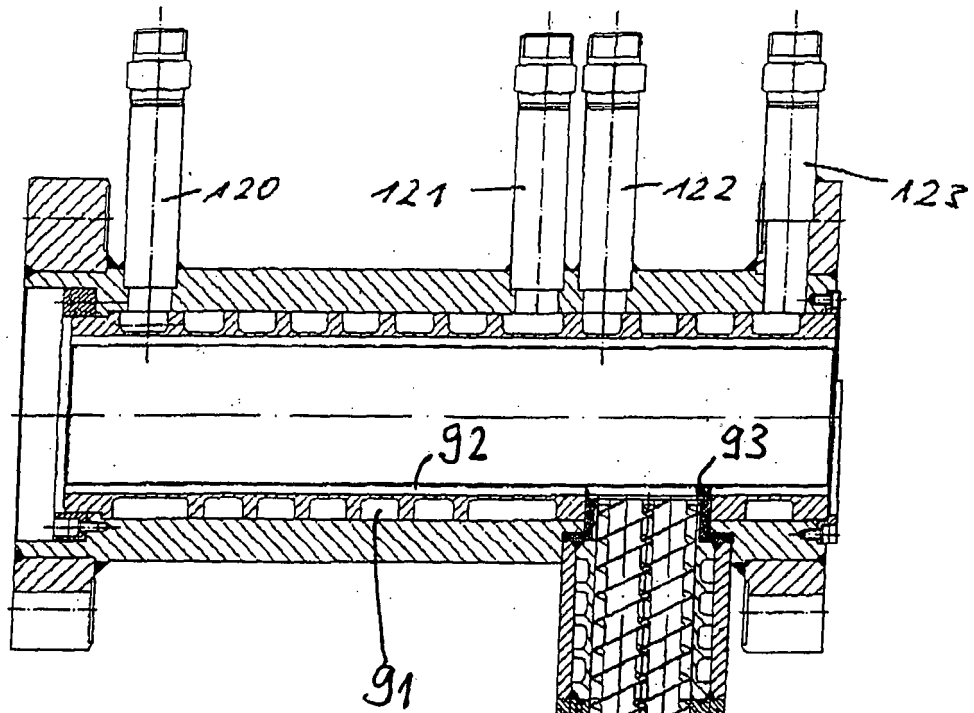


Fig. 7

