



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 16 482 T2** 2004.05.27

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 044 091 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 16 482.2**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US98/26892**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 964 768.0**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 99/033628**

(86) PCT-Anmeldetag: **17.12.1998**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **08.07.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **18.10.2000**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **16.07.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **27.05.2004**

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **B29C 44/20**

**B29C 47/92, B29C 47/88, B29C 47/16**

(30) Unionspriorität:

**999168                      29.12.1997              US**

(73) Patentinhaber:

**Owens Corning, Toledo, Ohio, US**

(74) Vertreter:

**Strehl, Schübel-Hopf & Partner, 80538 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, DE, FR, GB, IT, LI, NL, SE**

(72) Erfinder:

**SADINSKI, L., Robert, Tallmadge, US; LINCOLN,  
M., Robert, North Canton, US; WOODBURN, C.,  
Russell, Stow, US**

(54) Bezeichnung: **EXTRUSIONSVORRICHTUNG MIT ABDICHTBARER KAMMER UND VERFAHREN ZUR STEUERUNG DER DICHTUNG**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung**

## TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein eine Extrusionsvorrichtung mit einer verschließbaren Kammer und ein Verfahren mit einer Steuerung der Abdichtung und insbesondere eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Formen von qualitativ hochwertigen geschäumten Platten niedriger Dichte bei einem wirtschaftlichen Durchsatz.

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] In schrägen Vakuumextrusionslinien mit einem barometrischen Abschnitt läßt sich eine Vakuumextrusion von qualitativ hochwertigen Polystyrolschaumplatten niedriger Dichte durchführen, wie sie unter den bekannten Marken wie der Farbe PINK® und FORMULAR® von Owens Corning in Toledo, Ohio, USA, verkauft werden: Bei solchen Systemen ist die Vakuumkammer etwas geneigt. Die Düse befindet sich zusammen mit Formungs- und Anpaßvorrichtungen am oberen Ende der Kammer. Am unteren Ende wird die Kammer durch eine haubenartige Erweiterung verschlossen und taucht in einen Behälter mit Wasser ein. Das Wasserbad dichtet das untere Ende der Kammer ab und stellt ein Tauchkühlbad für das Extrudat dar, wenn es die Vakuumkammer verläßt. Das aufschwimmende Extrudat kann unter einem sich kontinuierlich bewegenden Band gehalten werden, das sich mit einem großen Krümmungsradius durch das Wasser bewegt. Wenn das Extrudat an die Oberfläche gelangt, wird es geschnitten und weiter verarbeitet. Solche Anlagen sind teuer und weisen im Betrieb viele Probleme auf, insbesondere da das obere Ende der Kammer etliche Meter über und eine erhebliche Strecke vom unteren Ende entfernt liegt. Alles, was am oberen Ende der geneigten Kammer, an der sich die relativ komplizierten Formungs- und Anpaßvorrichtungen befinden, fallen gelassen wird, muß anschließend aus dem darunterliegenden Wasserbehälter gefischt werden, der viele Meter entfernt liegt.

[0003] Im US-Patent Nr. 4 783 291 wird ein horizontales Vakuumkammersystem verwendet, bei dem das Austrittsende der Kammer mit einer Wassersperrdichtung verschlossen ist. Das Extrudat tritt durch eine Unterwasseröffnung aus, die den Vakuumabschnitt mit dem atmosphärischen Abschnitt eines Tauchkühlbades verbindet. Das Extrudat wird mit einem gekrümmten Förderband durch die Öffnung geführt, und die Oberseite der Öffnung weist eine bewegliche Blende auf, die die Öffnung in Reaktion auf den Vakuumpegel einschränkt. Die Blende dient als Massenflußkontrollventil für das Wasser, das sich vom unteren atmosphärischen Abschnitt des Bades zum höheren Vakuumabschnitt des Bades bewegt. Im Vakuumbetrieb wird der Pegel des Bades in der Kammer durch das Zurückleiten von Überschußwasser zum atmosphärischen Abschnitt aufrechterhalten.

[0004] Für größenveränderliche oder komplizierte Extrudate ist nach der Düse eine relativ

[0005] komplizierte, motorbetriebene, einstellbare Vorrichtung erforderlich. Für eine fächerförmige Düse, bei der der Düsenrand gekrümmt ist, kann die Vorrichtung die Düse völlig umgeben. Typisch für eine solche Vorrichtung ist das als "Slinky" bekannte Gerät, das obere und untere Sätze oder Anordnungen von motorbetriebenen Scheiben umfaßt, die drehbar an gebogenen oder gekrümmten Achsen angebracht sind, die sich mit unterschiedlichen Radien von im wesentlichen dem gleichen Mittelpunkt wie die Krümmung des fächerförmigen Düsenrands weg erstrecken. Jede solche Formungs- und Anpaßvorrichtung ist komplex und erfordert Zugänglichkeit und Wartung, insbesondere beim Hochfahren.

[0006] Ein aufschäumendes, sich bewegendes, heißes Extrudat ist im Vakuum ein amorphes Objekt im wesentlichen ohne feste Form, bis es durch das Tauchkühlbad der Wassersperrdichtung gelaufen ist und sich in der Atmosphäre befindet. Wenn die Formungs- und Anpaßmaschinerie nicht richtig funktioniert, kann das amorphe Extrudat zum Abweicher werden, sich ausdehnen oder von der Maschinenlinie entfernen. Wenn dies passiert, meistens beim Hochfahren, muß das Problem sofort korrigiert werden, um ein Abschalten der Linie zu vermeiden. Wenn die Linie für eine größere Zeitspanne abgeschaltet wird, kann es sein, daß Geräte entfernt und ersetzt oder zumindest gründlich gereinigt werden müssen, bevor die Linie wieder in Betrieb gehen kann. Die Rate der Ausfallzeit gegen die Betriebszeit ist das wirtschaftliche Maß für jede Produktionsanlage. Entsprechend ist es wichtig, daß die Ausrüstung schnell zugänglich ist, und daß das Extrudat durch das System gezogen wird, ohne mit einer unpassenden oder übermäßigen Kraft gedrückt oder geschoben zu werden. Es ist auch wichtig, daß die Unterwasser-Austrittsöffnung genau zu der Größe des Extrudats paßt, dessen Breite und Dicke variieren kann. Eine zu große Öffnung ist ineffektiv, während eine zu kleine Öffnung ein Hängenbleiben, ein Abweichen, ein Auseinanderziehen und andere Probleme verursachen kann.

[0007] Bei der Extrusionsproduktion von Schaumplatten wie den erwähnten Isolierplatten kann die Größe und Dicke erheblich sein, etwa 10 bis 12 Zentimeter (3,94 bis 4,72 Zoll) in der Dicke und mit einer Breite von bis zu einem Meter und mehr. Solche Platten können eine Querschnittsfläche von mehr als etwa 1000 cm<sup>2</sup> (155 Zoll im Quadrat) haben. Um solche Platten in wirtschaftlichen Mengen herzustellen, etwa mehr als 450 kg/Stunde (1000.0 Pounds/Stunde) bis etwa 1360 kg/Stunde (3000.0 Pounds/Stunde), muß das System einen wesentli-

chen Durchsatz aufweisen und in der Schmelze eine Gleichförmigkeit sichergestellt sein. Um die richtige, gleichmäßige Zellengröße und Zellenstruktur für Produkte mit einer niedrigen Dichte und erheblichen Größe zu erhalten, etwa bei Produkten mit einer Querschnittsfläche von wenigstens 80 cm<sup>2</sup> (12,4 Zoll im Quadrat) und vorzugsweise von etwa 200 cm<sup>2</sup> (31 Zoll im Quadrat) bis etwa 1000 cm<sup>2</sup> (155 Zoll im Quadrat) oder mehr, muß die richtige gleichmäßige Schmelze ausgebildet werden.

[0008] Die Schmelze wird aus Pellets und wiederverwerteten Resten sowie Additiven im Extruder unter Hitze und hohem Druck ausgebildet. Andere Additive können zum Beispiel Feuerhemmer und UV-Inhibitoren sein. Es wird auch ein Aufblasmittel hinzugefügt, das sich in der Schmelze unter Druck nicht ausdehnt, jedoch dann, wenn die Schmelze die Düse in die Vakuumkammer verläßt. Das Vakuum erhöht den Druckunterschied, fördert die Expansion und ermöglicht die Herstellung von Schäumen niedriger Dichte.

[0009] Bekanntlich müssen in der Schmelze für eine gründliche Durchmischung und für die Ausbildung der Schmelze gewisse hohe Temperaturen erreicht werden, damit ein Schaumprodukt mit gleichmäßiger Qualität erhalten wird, besonders muß bei einem Vakuumschäumsystem niedriger Dichte ein kritischer, gleichmäßiger Viskositätsbereich erreicht werden. Der jeweilige Viskositätsbereich hängt von der Produktgröße und der Dichte ab. Für größere Produkte ist eine höhere Viskosität erforderlich. Wenn das Produkt nicht viskos genug oder zu flüssig ist, brechen die Zellen beim Aufschäumen und kollabieren. Wenn die Schmelze zu viskos ist, ist ein homogenes Zellwachstum schwierig bis unmöglich. Obwohl auch in atmosphärischen Systemen Zellen kollabieren können, treten in einem Vakuumschäumsystem Probleme wie der Zellenkollaps oder ein Produkt mit weniger als der geforderten Qualität häufiger auf. Ein Vakuumschäumsystem unterscheidet sich von den normalen atmosphärischen Schäumen. Es ist nicht nur der Druckabfall am Düsenrand größer, sondern auch die Rückkehr zum Atmosphärendruck besonders beim Auftauchen aus dem Tauchbad kann einen Zellenkollaps oder eine Ungleichförmigkeit mit einer Verzerrung oder einem Schrumpfen des Produkts herbeiführen, mit der Folge von Unregelmäßigkeiten oder Dichtegradienten und einem nicht hochwertigen Produkt. Beim Vakuumschäumen muß nicht nur die richtige Viskosität erreicht werden, sondern sie muß auch in der ganzen Schmelze gleichmäßig beibehalten werden. Die Viskosität wird zum Teil durch das Steuern der Temperatur der Schmelze kontrolliert.

[0010] Bei vielen der für diese Zwecke verwendeten Wärmetauscher treten mannigfache Probleme auf. Eine An der Probleme umfaßt die Komplexität und die Kosten. Eine andere An betrifft die Effektivität und die Wirksamkeit. Das Polymer bei hohem Druck und bei hoher Temperatur durch Kniestücke oder rechte Winkel zu bewegen oder durch sich teilende Flußwege ist Energie-ineffizient und erhöht die involvierten Kosten. Darüberhinaus sollten Nischen oder potentielle tote Räume vermieden oder minimiert werden. Solche tragen nicht zur Homogenität der Schmelze bei und erfordern ein häufiges Reinigen und Abschalten der Anlage dafür. Toter Raum ist einfach ineffizient. Eine komplexe Form eines Wärmetauschers ist zum Beispiel im US-Patent Nr. 4 423 767 gezeigt.

[0011] Der Flußweg der Schmelze sollte so nahe wie möglich bei der Maschinenachse liegen oder dazu ausgerichtet sein, und der Wärmetauscher sollte so kompakt wie möglich sein. Jedes übermäßige Ansteigen in der Abmessung zwischen den Extrudern und der Düse kann selbstzerstörerisch sein, da jede thermische oder Viskositäts-Homogenität, die durch den Wärmetauscher erreicht wird, verlorengehen kann, wenn sich die Schmelze zu weit bewegen muß. Dies wird noch komplizierter, wenn sich die Düse in einer Vakuumkammer befindet, um gute Schäume niedriger Dichte zu erhalten, und wenn Einstellungen oder eine thermische Expansion oder andere kleine Bewegungen berücksichtigt werden müssen.

[0012] Um eine gute Homogenität der Schmelze zu erreichen, wurden statische Mischer verwendet, diese haben jedoch nicht die für die obengenannten großen Durchsätze und die Herstellung von hochwertigen aufgeschäumten Produkten, die den Druckänderungen der Vakuumextrusion unterliegen, erforderliche Kapazität oder Effektivität.

[0013] Um sowohl hohe Extrusionsdurchsatzraten als auch hohe Produktqualitäten zu erreichen, ist es wichtig, einen Mischer zu haben, der auch die Temperatur und damit die Viskosität der Schmelze genau steuern kann und der so die thermische Homogenität bis zur Düse aufrechterhalten kann. Nur auf diese Weise läßt sich der Nutzen von qualitativ hochwertigen Schäumen niedriger Dichte erhalten, die im Vakuum ausgebildet werden, wobei die Dichtegradienten im Schaum verringert sind, die einen Zellen- oder Plattenkollaps besonders beim Bewegen der Platte von der Vakuumkammer zum Atmosphärendruck auslösen können. Um diese verbesserte Produktqualität für einen Bereich von Produkten zu erhalten, der im Querschnitt (von relativ dünn bis relativ dick) und in der Dichte veränderlich ist, muß der Wärmetauscher in der Lage sein, die Schmelztemperatur sehr genau zu steuern und die Homogenität der Temperatur bei allen möglichen Durchsätzen aufrechtzuerhalten, was bei hohen Durchsätzen und großen Extrudaten am schwierigsten ist.

## ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0014] Eine horizontale Vakuumextrusionslinie umfaßt einen oder mehrere Ein- oder Doppelschraubenextruder zum Formen einer heißen Kunststoffschmelze, die eine Anzahl von Additiven wie Feuerhemmern,

Schmierstoffen, Ultraviolettinhibitoren und Aufblasmitteln enthalten kann. Wenn das Produkt eine geschäumte Platte ist, die eine erhebliche Größe von etwa 1000 cm<sup>2</sup> (155 Zoll im Quadrat) und mehr haben kann, muß die Schmelze vor dem Verlassen der Düse in den kritischen Bereich einer gleichmäßigen Viskosität gebracht werden. Dies gilt besonders dann, wenn sich die Düse in einer geschlossenen Vakuumkammer befindet und das Produkt eine geschäumte Platte niedriger Dichte ist, wie sie zur Isolierung verwendet werden. Um diese gleichmäßige Viskosität zu erreichen, wird die heiße Schmelze durch einen Mischkühler hoher Kapazität geleitet, der die Schmelztemperatur auf eine Schmelzgleichmäßigkeit bringt, mit der die gewünschte homogene Viskosität in einem engen Bereich erhalten wird, wobei der Bereich von der Größe und der Dichte der hergestellten geschäumten Platte abhängt.

[0015] Die heiße Schmelze verläßt die Extruder in der Maschinen- oder Linienachse, und der Mischkühler befindet sich unmittelbar nach den Extrudern auf dieser Achse. Der Mischkühler ist ein axial relativ kurzer Druckbehälter mit oberen und unteren Rohrblechen, zwischen denen sich eng beabstandete, relativ kleine Mischröhren erstrecken, von denen jede als individueller statischer Mischer eine axial fortlaufende Reihe von Ablenkplatten enthalten kann, um die Schmelze gründlich zu drehen und vermischen. Mit jedem Rohrblech sind Köpfe mit großen, sich konisch erweiternden Kammern verbunden, die über dem Einlaß- und Auslaßende der Anzahl von Bündeln von kleineren Mischröhren liegen. Die Köpfe ergeben einen sich erweiternden und verengenden Flußweg ohne Kniestücke, Kerben, Nischen oder Ecken, die erhebliche tote Räume darstellen und die Schmelze ungünstig beeinflussen würden. Der Einlaßkopf weist auf der Maschinenachse einen Einlaß auf, der axial zu dem Auslaß im gegenüberliegenden oder nachgeordneten Kopf ausgerichtet ist. Der Auslaß ist etwas kleiner als der Einlaß, wodurch ein Rückdruck entsteht. Die Verbindungen mit dem Einlaß und dem Auslaß können durch Standard-ANSI-Hochdruck-Flanschverbinder erfolgen. Das Bündel der Mischröhren ist wesentlich symmetrisch zur Maschinenachse, und jedes Rohr ist parallel zu dieser Achse. Der Gesamtdurchmesser der Einheit ist nur etwas geringer als die axiale Länge. Die Einheit ist ziemlich kompakt und kann leicht in die Linie eingesetzt und daraus entfernt werden.

[0016] Die große Anzahl von Röhren im Bündel, die in Abhängigkeit vom erforderlichen Durchsatz von etwa 50 bis etwa 300 reichen kann, erhöht die Querschnittsfläche des Schmelzflußweges erheblich, wodurch der Fluß der Schmelze durch das Mischröhrenbündel verlangsamt wird. Das Verhältnis ist größer als zwei zu eins, und für große Volumen kann das Verhältnis über zwanzig zu eins liegen, auch wenn nur der Einlaß mit dem größeren Durchmesser betrachtet wird.

[0017] Die durch die einzelnen Mischröhren laufende Schmelze bewegt sich wesentlich langsamer als die Schmelze, die in den Mischkühler eintritt oder diesen verläßt. Durch die Umhüllung des Druckbehälters wird ein Kühlmedium geleitet. Jedes Rohr ist vollständig in das umlaufende Medium eingetaucht. Innerhalb der Umhüllung ist eine Reihe von Prallwänden vorgesehen, so daß der Kühlmittelfluß mehrmals über den Großteil der Rohre strömt, bevor er die Umhüllung wieder verläßt. Das Kühlmittel bewegt sich mit einem erheblichen Volumen durch einen Wärmetauscher, der Wärme entzieht. Die Menge der entzogenen Wärme wird genau kontrolliert, auf diese Weise kann die Temperatur der sich durch den Mischkühler bewegendenden Schmelze auf einen Bereich von etwa  $\pm 1^{\circ}\text{F}$  (etwa  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ) eingestellt werden.

[0018] Der Mischkühler ist mit dem Extruderausgang durch ein kurzes Gelrohr und mit der Düse durch ein etwas kleineres, jedoch längeres Gelrohr verbunden. Das längere Gelrohr von Mischkühler zur Düse enthält vorzugsweise einen statischen Mischer, der eine eventuelle Rest-Isolierschicht aufgrund des laminaren Fluidflusses aufricht und die Homogenität der Schmelze aufrechterhält. Das obere Gelrohr kann ebenfalls die Platten und Schaufeln eines statischen Mixers enthalten. Das obere Gelrohr kann jedoch in Abhängigkeit vom Systemdurchsatz auch beleuchtet sein.

[0019] Die Düse befindet sich in einer verschließbaren Vakuumkammer, und die längeren, kleineren Gelrohre erstrecken sich von der Atmosphäre durch eine feste Trennwand mit erheblicher Größe oder erheblichem Durchmesser in die Vakuumkammer. Die Düse befindet sich im wesentlichen in der Nähe oder in der Mitte der Trennwand und wird von einem beweglichen Wagen außerhalb der Trennwand gehalten.

[0020] Die Düse, das Gelrohr und der Kühlmischer sind auf diesem Düsenwagen angeordnet, und der oder die Extruder befinden sich ebenfalls auf einem eigenen Wagen, der axial längs der Linie beweglich ist, sowohl für beabsichtigte Einstellungen oder für das Austauschen von Teilen als auch für Bewegungen, die sich aus thermischen und Druck-Expansionen und Kontraktionen ergeben. Die Wagen sind miteinander verbunden. Zwischen dem Extruderwagen und dem Boden ist ein hydraulischer Aktuator oder eine Verstellanordnung vorgesehen. Dieser Aktuator hat einen relativ kleinen Durchmesser, kann jedoch einen erheblichen Weg zurücklegen, etwa im Bereich von etwa 370 cm (145,67 Zoll) bis 450 cm (177,17 Zoll). Um die Düse zur Einstellung in der Vakuumkammer zum Beispiel bezüglich des Form- und Anpaßmechanismus zu bewegen, ist zwischen dem Düsenwagen mit dem Mischkühler, dem Gelrohr und der Düse und der festen Trennwand ein größerer, jedoch kürzerer Aktuator vorgesehen. Dieser größere, jedoch kürzere Hydraulikzylinder kann einen Bewegungsbereich von etwa 5 cm (1,97 Zoll) haben. Beide Zylinderaktuatoren können ein Ventil mit einer Neutralposition enthalten, das nur sehr kleine Bewegungen erlaubt, wie die, die bei thermischen oder Druck-Expansionen auftreten.

[0021] Der Mischkühler ist, auch wenn einen erheblichen Durchsatz aufweist, so kompakt, daß er in einem wesentlichen Abstand vom Boden gehalten wird, auch wenn dies teilweise an der Größe der festen Trennwand liegen kann, die mehrere Meter Durchmesser haben kann. Der bewegliche Düsenwagen für den Mischkühler hält für eine axiale Bewegung in der Maschinen- oder Linienachse das untere Gelrohr und die Düse einseitig eingespannt fest.

[0022] Wenn der Formmechanismus bezüglich der Maschinenachse etwa durch den genannten "Slinky"-Düsenformmechanismus fixiert ist, läßt sich durch eine axiale Bewegung der Düse eine Einstellung erhalten. Wenn die Düse einstellbar an einem Formmechanismus angebracht ist, wie es in der parallelen Anmeldung mit der laufenden Nummer 08/696718, eingereicht am 14. August 1996, mit dem Titel "Vakuummextrusionsvorrichtung und Vakuummextrusionsverfahren" gezeigt ist, dann dient die axiale Bewegung der Düse hauptsächlich der Einstellung der Kombination oder ist für Bewegungen, die durch die Hitze oder den Druck verursacht werden.

[0023] Die verschließbare Vakuumkammer umfaßt einen oder mehrere große, bewegliche Abschnitte, die einen Träger umgeben, der sich zwischen der festen Trennwand mit der Düse und einer nachgeordneten Trennwand erstreckt. Die Formungs- und Anpaßvorrichtung kann für eine axiale Bewegung längs der Linie an diesem Träger angebracht sein. Die beweglichen Abschnitte ermöglichen einen schnellen Zugang zu dieser Vorrichtung mit ausreichend Raum oder Umgebung, was besonders beim Hochfahren wichtig ist. Die teleskopierenden Abschnitte lassen sich mittels aufblasbaren Dichtungen und schnellwirkenden Klappklemmen schnell abdichtend an der festen oberen Trennwand und an den anderen oder an festen Abschnitten anlegen.

[0024] Die Formungs- und Anpaßvorrichtung steuert das Ausformen und die Expansion des geschäumten Extrudats und kann von erheblicher Länge sein. Nachdem das Extrudat die Vorrichtung verlassen und sich im Vakuum ausreichend ausgedehnt hat, läuft es über einen Damm, dessen Rand gerade unter der Maschinenachse liegt, und das geschäumte Extrudat wird nach unten in ein Tauchbad mit Wasser umgelenkt. Das Wasserbad weist einen inneren Abschnitt und einen atmosphärischen Abschnitt auf und dient als Wassersperrdichtung, damit das geschäumte Extrudat die Vakuumkammer auf einer kontinuierlichen Basis verlassen kann. Unmittelbar bevor das Extrudat nach unten umgelenkt wird, läuft es über eine Tänzerrolle, die das Extrudat von den benachbarten Unterstützungen abhebt, jedoch nicht weit genug, um die Umlenkung des Extrudats nach unten in das Wasserbad zu erschweren oder übermäßig auszugestalten. Die Tänzerrolle ist ziemlich groß und erstreckt sich vollständig quer über die Unterseite des Extrudats. Sie wird an einem Armrahmen gehalten, der schwenkbar und unter dem Extrudat entweder nach oben oder nach unten gegen die Rolle versetzt ist. Der Schwenkpunkt des Armrahmens kann an einer Trennwand liegen oder an einem inneren Rahmenabschnitt der Kammer auf der oberen Seite des Damms oder am Damm selbst. Ein Kodierer am Schwenkpunkt mißt die Winkelstellung des Armrahmens und damit der Rolle. Der Armrahmen wird von einer pneumatischen Niederdruckzylinderanordnung gehalten, so daß die Tänzerrolle an der Unterseite des Extrudats anliegt. Der Kodierer ergibt natürlich ein Maß für die Stellung des Armes und der Rolle, das ein Maß für die Auslenkung des Extrudats unter einem gegebenen Aufwärtsdruck ist. Dies wiederum stellt eine Analogsteuerung der Spannung am Extrudat in der Kammer zwischen den Schritten des Formens und Anpassens oberhalb und einer Abziehvorrichtung unterhalb dar.

[0025] Die indirekt gemessene Spannung wird zur Steuerung der Zugkraft einer Abziehvorrichtung am hinteren Ende der Linie und etwas entfernt verwendet. Die bevorzugte Zugvorrichtung ist eine Vakuumband-Abziehvorrichtung. Es scheint so, daß zu viel Spannung auf dem Extrudat dieses in oder knapp nach der Form- und Anpaßvorrichtung auseinanderziehen kann. Zu wenig Spannung bewirkt, daß das Extrudat sich selbst vorwärtsschiebt, was zu Abweichungen oder Ablenkungen führen kann und das natürliche Wachstum des Produkts sowie eine gleichmäßige Zellenstruktur ungünstig beeinflusst. In jedem Fall kann das die Linie zum Halten bringen, das Öffnen der Kammer und das Ausführen der notwendigen Korrekturen oder Einstellungen und das Wiedereinfädeln oder den Neustart des Systems erfordern.

[0026] Ein weiterer Grund für das Aufrechterhalten der richtigen Spannung am Extrudat ist die Unterwasseröffnung, durch die sich das Extrudat bewegt, um die Wassersperrdichtung zwischen dem Vakuumkammerabschnitt des Wasserbades zum atmosphärischen Abschnitt mit niedrigem Pegel des Wasserbades zu passieren. Da die unter Vakuum stehende Kammer Wasser vom atmosphärischen Abschnitt in die Vakuumkammer zieht, das dann wieder zwangsweise durch eine Umwälzpumpe ausgestoßen wird, sollte der Abstand zwischen dem Extrudat und den Rändern der Öffnung klein und gleichmäßig sein. Anderenfalls ergeben sich eine Energie-Ineffizienz, Steuerstöße und entsprechende Steuerprobleme. Wenn der Abstand zu klein ist, kann das Extrudat hängenbleiben oder vom vorgesehenen Weg abweichen. Das Problem wird dadurch erschwert, daß das Extrudat fortlaufend weiterwächst. Auch wenn das Extrudat seine primäre "Plattenform" bereits erreicht hat, kann es weiter etwas axial, in der Breite und in der Dicke anwachsen.

[0027] Um die Bewegung des Extrudats durch die Öffnung zu erleichtern, ist unmittelbar oberhalb der Öffnung ein Führungssystem vorgesehen. Das Führungssystem ist in einer Schutzhaube vorgesehen, wobei die Öffnung sich an einem unteren, flacheren Abschnitt befindet.

[0028] Das Führungssystem an der Öffnung umfaßt einen oberen und einen unteren, nahe beieinanderlie-

gende Führungsrollensatz. Jeder Rollensatz umfaßt angetriebene Endrollen mit größerem Durchmesser und eine Reihe von eng nebeneinander angeordneten kleineren, leer laufenden Rollen entlang der Tangentiallinie, die das Innere der beiden großen Endrollen verbindet. Die großen Rollen werden nur beim Hochfahren oder zum Einfädeln angetrieben, und alle Rollen laufen frei oder leer, wenn das System in Betrieb ist und fortlaufend arbeitet. Die großen Rollen können eine Urethan- oder gummiartige Beschichtung aufweisen.

[0029] Da die geschäumte Platte aufschwimmt, ist der obere Führungsrollensatz auf den festen oberen horizontalen Rand der Öffnung ausgerichtet. Der untere Rollensatz ist auf den oberen Rollensatz hin und davon weg beweglich, und am nachgeordneten Ende des unteren Rollensatzes ist eine Bodenblende oder ein Bodenschieber angeordnet. Entsprechend bewegen sich die Blende am unteren Öffnungsrand und der untere, eng gepackte Rollensatz als eine Einheit.

[0030] Unmittelbar oberhalb des oberen Rollensatzes befindet sich eine feste Andruckplatte oder Platte, an deren Unterseite das Plattenextrudat entlanggleitet. An der Unterseite des Extrudats, die der Andruckplatte gegenüberliegt, befindet sich eine Dickenerfassungsrolle, die sich zwischen den distalen Enden eines Paares von Armen eines schwenkbaren Armrahmens erstreckt. Die Andruckplatte stellt eine Bezugsebene oder ein hintere Anlage für die darunterliegende Dickenmeßrolle dar, wobei die Rolle durch einen pneumatischen Niederdruckzylinder oder eine Aktuatoranordnung gegen den Boden des Plattenextrudats gedrückt wird. Die die Dicke oder (y)-Abmessung messende Rolle erstreckt sich unter Wasser quer unter dem Produkt, während sich der Schwenkpunkt des Armrahmens über dem Wasser befindet. Ein Drehkodierer im Schwenkpunkt erfaßt die Stellung der Rolle und sorgt für eine analoge Messung der Dicke des Produkts. Das erzeugte Signal wirkt auf eine PID-Bewegungssteuerung (Proportional-Integral-Differential-Steuerung) ein, die einen einstellbaren Kompensationsfaktor für die bekannte Wachstumsrate des Produkts in der (y)-Richtung berücksichtigen kann. Die PID-Steuerung betätigt einen Motor über dem Wasserpegel, der die Stellung nicht nur der Bodenblende, sondern auch des Bodensatzes von eng gepackten Führungsrollen vertikal so kontrolliert oder steuert, daß diese immer auf den oberen Rand der Blende ausgerichtet sind.

[0031] Die Breite oder (x)-Abmessung wird durch zwei Kantenrollen mit vertikalen Rollachsen erfaßt, die an den distalen Enden von Schwingarmen angebracht sind, die proximal an vertikalen Achsen an einer Trennwand über dem Wasserpegel angelenkt sind. Entsprechende pneumatische Zylinderanordnungen drücken die Kantenrollen in den Eingriff mit der jeweiligen Kante des Extrudats. Ein Drehkodierer in jedem Arm-Schwenkpunkt erfaßt die Stellung der Rolle, die die Position der Kante des Produkts erfaßt. Dies wird zu einem Maß für die Breite oder (x)-Abmessung des Produkts. Die Information wird zu entsprechenden PID-Bewegungssteuerungen weitergegeben, die entsprechende seitliche oder Kantenschieber der Öffnung betätigen.

[0032] Jeder Kantenschieber, der eine vertikale Innenkante aufweist, ist auf geneigten, parallelen Schienen angeordnet. Die Neigung kann von etwa 30° bis zu etwa 45° betragen, und der Schieber weist eine entsprechend gewinkelte Ausgestaltung auf. Dadurch wird der Antrieb für die Schieber in eine erhöhte Stellung außerhalb des Wassers gebracht. Jeder Schieber kann durch einen Motor an einer geneigten Halterung betätigt werden, die an der Haube angebracht ist. Durch einen Spindeltrieb zum Beispiel kann eine Stange hin und her bewegt werden, die mit dem untergetauchten Schieber verbunden ist, wobei die Stange parallel zu den Schienen verläuft. Die Kantenrollen können auch durch eine Summenberechnung die Mittellinie des Produkts erfassen. Wenn die Mittellinie außerhalb der Toleranz liegt, kann eine korrigierende Aktion erfolgen, was jedoch normalerweise die Steuerung der Öffnung auf einer kontinuierlichen Basis nicht beeinflusst.

[0033] Nachdem das Extrudat die Öffnung passiert hat, tritt es in den atmosphärischen Abschnitt des Wasserbades mit niedrigem Pegel ein, wobei es immer noch vollständig eingetaucht oder untergetaucht ist. Das Wasserbad mit niedrigem Pegel kann sich über eine gewisse axiale Länge der Linie erstrecken. Das geschäumte Produkt wird durch eine Reihe von leer umlaufenden Rollen über dem Produkt untergetaucht gehalten, wobei die Rollen in einem Bogen mit großem Radius angeordnet sind, dessen Krümmungsmittelpunkt um einiges über dem Produkt liegt. Durch seinen Auftrieb wird das Produkt in einer gesteuerten, allmählichen Art nach oben aus dem Wasser gelenkt, wo es dann an der Oberseite von Leerlaufrollen aufgenommen wird. Das Produkt bewegt sich dann durch eine Abblasvorrichtung, in der übermäßige Feuchtigkeit ähnlich wie in einer Autowaschanlage entfernt wird. Das Produkt am hinteren Ende der Linie läuft über einen Vakuumschiff oder durch eine Ziehstand-Abziehvorrichtung, die das Extrudat ergreift und daran zieht. Jenseits des Ziehstands kann das Extrudat oder die Platte seitlich und in der Länge beschnitten und anderweitig behandelt werden.

[0034] Der Ziehstand ist vorzugsweise ein Vakuumschiff oder eine Ziehvorrichtung mit einem angetriebenen perforierten oder offenen Band, das sich durch eine Vakuumkammer bewegt. Das Vakuum hält das Extrudat auf dem Band, die lineare Geschwindigkeit des Bandes wird von einem Motorantrieb bewirkt und durch die Winkelstellung der Tänzerrolle und die Tänzerrollensteuerung gesteuert. Der Vakuumpegel am Tisch oder im Ziehstand kann so gesteuert werden, daß das richtige Vakuum oder der richtige Griff erreicht wird, während der Grad des Ziehens durch die Tänzerrolle und deren Steuerung bestimmt wird.

[0035] Auf diese Weise wird das geschäumte Extrudat im kontinuierlichen Betrieb an keiner Stelle zwischen der Form- und Anpaßvorrichtung in der Kammer und dem Ziehstand am hinteren Ende in der Atmosphäre gedrückt oder geschoben. Es läßt sich so ein hochwertiges geschäumtes Produkt in einer Vielzahl von Größen

wirtschaftlich und effizient herstellen.

[0036] Um dies und ähnliches zu erreichen, umfaßt die vorliegende Erfindung die Merkmale, die im folgenden beschrieben und insbesondere in den Patentansprüchen hervorgehoben sind, wobei die folgende Beschreibung und die anhängenden Zeichnungen im einzelnen bestimmte beispielhafte Ausführungsformen der Erfindung erläutern, wobei diese jedoch nur einige der verschiedenen Wege aufzeigen, bei denen das Prinzip der Erfindung angewendet werden kann.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ANHÄNGENDEN ZEICHNUNGEN

[0037] **Fig. 1A** und **1B** sind unterbrochen fortgeführte Darstellungen, die in einer Seitenansicht eine erfindungsgemäße Vakuumextrusionslinie zeigen.

[0038] **Fig. 2** ist eine etwas vergrößerte, ähnliche Ansicht eines Vakuumkammersystems, das offen dargestellt ist und das bei einer anderen An von Formmechanismus einen primären und einen sekundären Extruder aufweist.

[0039] **Fig. 3** ist eine ähnliche Ansicht mit einem einzigen Extruder und mit geschlossener Kammer;

[0040] **Fig. 4** eine ähnliche Ansicht, jedoch mit einem modifizierten Förderer und einem modifizierten Tänzerrolleneingang in die Wassersperrdichtung;

[0041] **Fig. 5** ist eine Schnittansicht eines Doppelschraubenextruders, wie er bei der Vorliegenden Erfindung verwendet werden kann;

[0042] **Fig. 6** eine vergrößerte Teilansicht eines "Slinky"-Formmechanismus und dessen Stellung bezüglich der festen Trennwand und der Düse;

[0043] **Fig. 7** eine etwas vergrößerte Teilansicht des Extruderverstellmechanismus;

[0044] **Fig. 8** eine ähnliche Ansicht des Einstellmechanismus, der sich zwischen dem Düsenwagen und der festen Trennwand befindet;

[0045] **Fig. 9** eine seitliche radiale Teilansicht des Kammerverschlußmechanismus in offener Stellung;

[0046] **Fig. 10** ist eine ähnliche Ansicht des geschlossenen Kammerkippschlusses;

[0047] **Fig. 11** zeigt einen vergrößerten Abschnitt der ringförmigen Abdichtung, die die Kammer abdichtet, wenn der Verschluß geschlossen ist;

[0048] **Fig. 12** eine vergrößerte Teilansicht der Tänzerrollenanordnung, die zur Kontrolle der Zug- oder Abziehkraft am Extrudat verwendet wird;

[0049] **Fig. 13** eine vergrößerte Teilansicht, teilweise aufgebrochen, des Mischkühlers und des die Düse haltenden Gelohrs, die auf dem Düsenwagen angebracht sind;

[0050] **Fig. 14** eine Endansicht des Mischkühlers, gesehen von der linken Seite der **Fig. 13**;

[0051] **Fig. 15** eine schematische Darstellung des Mischkühlers, die den Fluß des Kühlmittels und die Temperatursteuerung zeigt;

[0052] **Fig. 16** eine Teil-Aufsicht, teilweise aufgebrochen, der Haube und der untergetauchten Öffnung der Wassersperrdichtung;

[0053] **Fig. 17** eine aufgebrochene Seitenansicht der Haube und der Öffnung, die das eng gepackte Führungsrollensystem vor der Öffnung zeigt;

[0054] **Fig. 18** eine transaxiale Ansicht der Haube und der Öffnung, die die Seitenschieber und Aktuatoren zeigt;

[0055] **Fig. 19** ist eine schematische Ansicht, die den Betrieb der Sensorrollen an der Öffnung zeigt, die den Bodenrand und die seitlichen Ränder der Öffnung kontrollieren, und die die Tänzerrolle zur Kontrolle der Vakuumziehvorrichtung zeigt; und

[0056] **Fig. 20** eine schematische Fortsetzung der **Fig. 19**, die die Kantenerfassungsrollen zeigt, die die Seitenkanten oder seitlichen kanten der Öffnung kontrollieren.

#### GENAUE BESCHREIBUNG DER DARGESTELLTEN BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0057] In den Zeichnungen und insbesondere in den **Fig. 1A** und **Fig. 1B** ist zu sehen, daß die Extrusionslinie oder das Extrusionssystem am oberen Ende mit einem Extruder **30** beginnt. Der Extruder ist an einem Gestell **31** angebracht und weist Einfülltrichter **32** auf, durch die das Rohmaterial dem Extruderzylinder **33** zugeführt wird, wo es unter Hitze und Druck in eine schäumbare Polymerschmelze umgeformt wird.

[0058] Eine mit **35** bezeichnete Verlängerung des Extruders verläuft durch eine feste Trennwand **36** mit großem Durchmesser. Am Ende der Extruderverlängerung ist in einer Kammer, die allgemein mit **40** bezeichnet wird, eine Düse **37** angebracht. Die feste Trennwand **36** bildet das obere oder Zugangsende der Kammer **40**. Das untere Ende wird durch eine feste Trennwand **42** und eine allgemein bei **44** dargestellte Wassersperrdichtung gebildet. Die Abdichtung ermöglicht es, daß das Produkt die Kammer auf einer kontinuierlichen Basis verläßt.

[0059] In der **Fig. 1A** umfaßt die Kammer einen beweglichen Abschnitt **46**, der teleskopartig über das obere

Ende des festen Abschnitts **47** greifen kann. Der feste Abschnitt ist auf Stützen **48** auf dem Boden **49** montiert, während der bewegliche Abschnitt an Rollen **50** auf Schienen **51** angeordnet ist. Der bewegliche Abschnitt kann ähnlich wie ein Garagentor durch einen Motor angetrieben werden, der schematisch bei **52** gezeigt ist.

[0060] Im oberen Ende der Vakuumkammer befindet sich die Form- und Anpaßvorrichtung, die einen Former **54** und eine Kalibriervorrichtung enthalten kann, wie sie bei **55** und **56** gezeigt ist. Die in der **Fig. 1A** gezeigte besondere Vorrichtung kann von der Art sein, wie sie von LMP IMPIANTI in Turin, Italien hergestellt wird. Das Extrudat wird im Extruder **33** aus recyceltem und neuem Material plastiziert, zu dem Additive wie Feuerhemmer, Ultraviolettstabilisatoren und Aufblasmittel hinzugefügt werden. Daraus entsteht die Schmelze, die dann durch den Former **54** extrudiert wird, wobei sie generell in eine flache Plattenform gebracht wird. Das Extrudat schäumt danach weiter auf und wird beim Durchlaufen der Vorrichtung **55, 56** hinsichtlich der Dicke und der Flachheit auf Maß gebracht. Wenn die Kammer dicht geschlossen ist, erfolgt das Ausdehnen und Formen des Extrudats bei der Herstellung eines Materials niedriger Dichte unter Vakuum, um das gewünschte geschäumte Produkt niedriger Dichte zu erhalten.

[0061] Es ist anzumerken, daß die Teile der Form- und Anpaßvorrichtung jeweils auf einem eigenen Wagen angebracht sind, wie es bei **58, 59** und **60** zu sehen ist, wobei die Wagen für eine axiale Bewegung in der Linie oder parallel zur Maschinenrichtung auf einem Träger **61** laufen. Der Träger **61** erstreckt sich von der festen oberen Trennwand **36** zu einer inneren Halterung **62**.

[0062] Das geschäumte Extrudat, das generell bei **64** gezeigt ist, läuft von der Düse durch die Form- und Anpaßvorrichtung und dann über eine Tänzerrolle **65**, die an einer schwenkbaren Armanordnung **66** angebracht ist, die an die Halterung **62** angelenkt, ist. Die Armanordnung **66** wird von einer pneumatischen Zylinderanordnung **67** nach oben gedrückt, die bewirkt, daß sich die Rolle hebt und das Extrudat etwas nach oben lenkt. Der Druck in der pneumatischen Zylinderanordnung wird so gesteuert, daß sich die Rolle unter dem Extrudat frei bewegt oder tanzt. Die Position der Tänzerrolle steuert die Abziehvorrichtungen, die im folgenden beschrieben werden.

[0063] Nachdem das Extrudat über die Tänzerrolle **65** gelaufen ist, wird es durch ein Rollenfördersystem **69** nach unten gelenkt. Das Fördersystem kann eine Anzahl von eng nebeneinanderliegenden Rollen auf der Oberseite und von etwas weiter auseinanderliegenden Rollen unter dem Extrudat aufweisen. Die Rollen sind so positioniert und angebracht, daß das Extrudat nach unten in einen Hochpegelabschnitt **70** eines Wasserbades **71** gelenkt wird, das am unteren Ende der Vakuumkammer durch einen Damm **72** ausgebildet wird. Die allmähliche Krümmung des Fördersystems **69** bewirkt, daß das Extrudat voll in das Wasserbad **71** eintaucht.

[0064] Das Extrudat **64** bewegt sich durch ein Fenster in der Trennwand **42** in eine Haube **74**, die in eine längliche Aufnahme **75** für den Abschnitt **76** auf einem atmosphärischen, niedrigeren Pegel des Wasserbades **71** vorsteht. Das Ende der Haube bei **78** liegt gut unter dem Abschnitt **76** des Wasserbades **71** mit dem atmosphärischen Pegel. Über dem Wasserbadabschnitt **70** befinden sich Sprühdüsen **79**, die mit dem atmosphärischen Abschnitt **76** des Wasserbades verbunden sind. Wenn die Kammer evakuiert ist, wird zur besseren Abkühlung Wasser in die Kammer gezogen, das auf das Extrudat aufgesprüht wird, bevor es in den Badabschnitt **70** eintaucht.

[0065] Vom Förderabschnitt **69** läuft das Extrudat durch eine Führungsrollenanordnung, die generell bei **80** gezeigt ist und die auf ein im wesentlichen rechteckiges Fenster oder eine rechteckige Öffnung **82** gerichtet ist, die die Grenze zwischen dem Wasserbadabschnitt **70** auf dem oberen Vakuumpegel und dem Wasserbadabschnitt **76** auf dem atmosphärischen unteren Pegel bezeichnet. Unter Vakuum neigt das Wasser dazu, vom atmosphärischen Abschnitt zum oberen Vakuumabschnitt zu fließen, und der Pegel im Vakuumabschnitt kann durch eine Umwälzpumpe kontrolliert werden, wie es zum Beispiel in der oben angegebenen früheren Anmeldung von Roger Lightle et al. mit der Seriennummer 08/696472 beschrieben ist, die am 14. August 1996 eingereicht wurde und die den Titel "Vakuumextrusionssystem und -Verfahren" trägt.

[0066] Wenn die Kammer als Druckkammer verwendet wird, sind die Pegelverhältnisse vertauscht, und die Umwälzung, um die Abdichtung oder Öffnung **82** unter der Wasserlinie zu halten, erfolgt in der Gegenrichtung.

[0067] Wenn das Extrudat das untere Ende der Haube bei **78** verläßt, wird es von einem Fördersystem **84**, das sich über dem Extrudat befindet, daran gehindert, zu der Oberfläche aufzuschwimmen, wie es vor allem in der **Fig. 1B** zu sehen ist. Das Fördersystem kann aus einer Anzahl von relativ eng nebeneinanderliegenden Quer-Leerlaufrollen bestehen, die einfach das sich bewegende, kontinuierliche Extrudat unter der Wasseroberfläche halten. Der Förderer bildet einen Bogen mit einem relativ großen Radius, so daß das Extrudat für einen ziemlich weiten Weg und für eine ziemlich lange Zeit im atmosphärischen Abschnitt **76** des Wasserbades unter Wasser gehalten wird.

[0068] Wenn das Extrudat den Pegel **76** erreicht, endet das Fördersystem **84**, wie es bei **85** zu sehen ist, und ein zweites gekrümmtes Fördersystem **86** unterstützt die Unterseite des Extrudats, um es über die Endwand **87** des Behälters **75** und aus dem Wasser heraus zu heben. Der Anfang des Förderers **86** bei **88** ist gerundet und vom Ende **85** des Förderers **84** etwas entfernt, so daß das Extrudat sich frei von der Unterseite des einen Förderers zur Oberseite des anderen Förderers bewegen kann.

[0069] Nach der Behälterwand **87** läuft das Extrudat durch eine Abblasvorrichtung **90**. Luftströme aus Düsen



**91** entfernen dabei überschüssige Feuchtigkeit vom Extrudat ähnlich wie bei den Einrichtungen, die in der Regel in Autowaschanlagen verwendet werden. Aus der Abblasvorrichtung läuft das Extrudat in eine Abziehvorrichtung **93**. Die Abziehvorrichtung **93** ist auf einem Gestell **94** angeordnet und kann eine Anzahl von angetriebenen oberen und unteren Rollen **96** und **97** enthalten, die das Extrudat ergreifen und aus der Anpaßvorrichtung der **Fig. 1A** über die Oberseite der Tänzerrolle **65** und durch die Wassersperrdichtung in die Atmosphäre ziehen. Im kontinuierlichen Betrieb wird am Extrudat zwischen der Anpaßvorrichtung und der Abziehvorrichtung nicht gedrückt und nicht geschoben. Die große Anzahl von Rollen kann mit einem Gummimaterial wie Urethan überzogen sein, und der davon ausgeübte Druck auf das Extrudat ist minimal. Wie im folgenden noch beschrieben, kann die Position der Tänzerrolle dazu verwendet werden, das Abziehen durch die Abziehvorrichtung und damit die Spannung am aufgeschäumten Extrudat von der Anpaßvorrichtung bis zur Wassersperrdichtung zu steuern.

[0070] Nach dem Verlassen der Abziehvorrichtung läuft das Extrudat durch eine Abschneide- und Trimmeinheit **99**. Die Einheit **99** schneidet das Extrudat auf Länge und trimmt oder behandelt auch die seitlichen Ränder. Der bei diesem Vorgang entstehende Abfall wird behandelt und recycelt.

[0071] Nach dem Durchlaufen des Abschneide- und Trimmvorgangs bei **99** hat das Extrudat die Form von Platten bestimmter Größe, die dann aufeinandergestapelt und verpackt oder auch weiter zu Laminaten oder Sandwichpaneelen zum Beispiel verarbeitet werden können. Die Stapel können zum Verpacken oder zur weiteren Behandlung an der Endstation **100** ausgebildet werden. Nach dem Verlassen des Behälters **75** wird das Extrudat auf Tischhöhe verarbeitet, was etwa der Höhe des Behälters **75** für den atmosphärischen Abschnitt des Wasserbades entspricht. Aus diesem Grund befinden sich die Abschneide- und Trimmstation sowie die Stapelstation auf Gestellen mit einer solchen Tischhöhe.

[0072] Anhand der **Fig. 2, 3** und **4** ist ersichtlich, daß die für das Vakuumsystem verwendete Konfiguration und Ausrüstung auf vielfältige Weise modifiziert werden kann, um die Qualität des Produkts zu erhöhen und dabei einen großen Durchsatz und Extrudate mit ziemlicher Größe zu erhalten.

[0073] In der **Fig. 2** ist ein System mit Tandemextrudern **102** und **103** gezeigt. Mit dem Polymerschmelzausgang des zweiten Extruders **103** ist ein Mischkühler **104** und ein "Slinky"-Formmechanismus **105** verbunden, der an der Innenseite einer großen, festen Trennwand **106** angebracht ist. Das Rohmaterial wird durch die Trichter **107** und **108** zum primären Extruder **102** geführt. Der Ausgang des primären Extruders kann direkt oder über eine Zahnrادpumpe zum sekundären Extruder **103** führen. Sowohl der primäre als auch der sekundäre Extruder sind auf Gestellen **110** und **111** angebracht, die wiederum auf Rollen **112** und **113** angeordnet und bei **114** verbunden oder gekuppelt sind.

[0074] Der Mischkühler **104** ist auch auf einem Gestell **116** angeordnet, das Rollen **117** aufweist. Das Gestell **116** ist an der Kupplung **118** mit dem Gestell **111** verbunden.

[0075] Vom Gestell **116** gehalten wird auch ein Gelrohr **120**, das durch eine Buchsendichtung in der festen Trennwand **106** verläuft, die genauer bei **121** in der **Fig. 6** gezeigt ist. Die Extrusionsdüse **122** befindet sich am Ende davon innerhalb der Vakuumkammer **125**. Die Vakuumkammer ist in der **Fig. 2** offen.

[0076] Das vom Mischkühler **104** zur Düse **122** vorstehende Gelrohr wird vom Winkelrahmen **126** am Wagen **116** gehalten. Durch eine Kolben-Zylinder-Anordnung oder einen Aktuator **127**, der zwischen dem Wagen **116** und der festen Trennwand angebracht ist, kann die Düse bezüglich der festen Trennwand **106** bewegt werden. Auf diese Weise kann die Düse **122** axial in der Linie bezüglich des axial festen "Slinky"-Formmechanismus **105** verstellt werden.

[0077] Die Vakuumkammer **125** der **Fig. 2** kann einen festen Abschnitt **47** wie in der **Fig. 1A** umfassen, sie weist jedoch auch zwei ziemlich große bewegliche Abschnitte **130** und **131** auf. Die großen Abschnitte sind wesentlich größer als der feste Abschnitt **47**, wie es auch die feste obere Trennwand **106** ist. Die Vakuumkammer enthält einen Träger **133**, der sich zwischen der großen oberen Trennwand **106** und einer unteren Trennwand **134** im festen Abschnitt **47** der Vakuumkammer erstreckt. Nachdem das Extrudat **136** den Formmechanismus **105** verlassen hat, läuft es auf der Oberseite eines Fördertisches **137** weiter, der durch einen Rahmen **138** auf dem Träger **133** gehalten wird. Längs des Fördertisches können zusätzliche Meß- und/oder Kalibrier-vorrichtungen wie diejenigen angeordnet sein, mit denen die Schichten auf den Hauptflächen ausgebildet oder texturiert werden. Nach dem Verlassen des Formmechanismus wächst das aufgeschäumte Extrudat jedenfalls weiter und tut dies vor allem unter dem vorteilhaften Einfluß des Vakuums in der Kammer, wenn diese geschlossen ist. Nachdem das Extrudat den Tisch **137** verlassen hat, bewegt es sich über die Oberseite der Tänzerrolle **65** und gelangt zum Fördersystem **69**, das es nach unten in die Wasserspendichtung lenkt, durch die das Extrudat an die Atmosphäre tritt. Das Tauchkühlbad am Ausgangsende der Vakuumkammer schließt den Wachs- und Formprozeß des Extrudats in der Form einer großen Platte mit großem Querschnitt ab. Die Tandemextruderanordnung der **Fig. 2** ermöglicht zusammen mit dem Mischkühler **104** und der großvolumigen Vakuumkammer die Produktion von qualitativ hochwertigen, gleichmäßigen geschäumten Platten mit großen Querschnittsflächen. Zum Beispiel können mit dem Extrusionssystem der **Fig. 2** hochwertige geschäumte Extrudate mit etwa 1000 cm<sup>2</sup> (155 Zoll im Quadrat) oder mehr bei Durchsätzen von mehr als etwa 1000–1400 kg/Stunde (2000–3000 Pounds/Stunde) hergestellt werden.

[0078] Die **Fig. 3** zeigt ein System wie in der **Fig. 2**, jedoch mit nur einem einzigen Doppelschraubenextruder **142**. Das Rohmaterial wird durch die Trichter **143** und **144** zu dem Doppelschraubenextruder geführt. Der Extruder ist auf einem Gestell **145** angebracht, das wiederum auf geführten Rollen **146** angeordnet ist.

[0079] Die **Fig. 5** zeigt eine Querschnittsansicht des Extruders mit den beiden ineinandergreifenden Schrauben **148** und **149**. Die beiden ineinandergreifenden Schrauben laufen in einem Rohr **150** in der Form einer Acht, das von einem Heizmantel **151** umgeben ist. Der Doppelschraubenextruder kann von der Art sein, wie er von der erwähnten Firma LMP IMPIANTI in Turin in Italien hergestellt wird.

[0080] Durch die Kupplung **118**, die die gleiche wie in der **Fig. 2** sein kann, ist das Gestell **145** mit dem Gestell **116** verbunden. Der Extruder **142** kann mit dem Aktuator **153** der **Fig. 3** über einen erheblichen Weg bewegt werden. Der Aktuator ist an einer Halterung **154** angebracht, die von dem Gestell **145** vorsteht, und ist bei **155** am Boden **49** verankert. Der Aktuator **153**, der genauer noch später beschrieben wird, ermöglicht eine ziemlich weite Bewegung des Extruders zum Anordnen in der Linie oder zum Entfernen aus der Linie und auch, daß die Linie schnell zum Entfernen oder Ersetzen des Mischkühlers geöffnet werden kann oder für eine Einstellung oder für einen Düsenwechsel. Die Einzelheiten des Aktuators werden in Verbindung mit der **Fig. 7** beschrieben.

[0081] Ein Vergleich der **Fig. 2** und **3** zeigt, daß die beiden Abschnitte **130** und **131** der Kammer **125** mit großem Durchmesser in die geschlossenen Position gebracht und verschlossen und abgedichtet wurden, wie es im folgenden beschrieben wird. In der **Fig. 3** ist der "Slinky"-Formmechanismus **105** und das innere Fördersystem das gleiche wie in der

[0082] **Fig. 2**.

[0083] In der **Fig. 4** ist ein Einschraubenextruder **160** großer Kapazität gezeigt, der auf dem Gestell **145** befestigt ist, das auf Führungsrollen **146** angeordnet ist. Das Gestell **145** ist über die Kupplung **118** mit dem Gestell **116** verbunden. Der Aktuator **153** kann bei dem Einschraubenextruder **160**, dem Doppelschraubenextruder **142** und dem Tandemextruder **102**, **103** der **Fig. 2** verwendet werden. Das Rohmaterial und der wiederverwertete Abfall werden dem Extruder durch die Trichter **161** und **162** zugeführt, und die Schmelze hoher Temperatur wird durch den Mischkühler **104** und die Düse **122** abgegeben, die vom Formmechanismus **105** umgeben ist. Die teleskopierenden großen Abschnitte **130** und **131** der Vakuumkammer sind in der **Fig. 4** geschlossen, verriegelt und abgedichtet gezeigt.

[0084] Nachdem das Extrudat **165** den Formmechanismus **105** verlassen hat, gelangt es auf den Fördertisch **166**, der sich auf dem Gestell **167** auf der Oberseite des Trägers **133** befindet. Im Gegensatz zum Fördersystem der **Fig. 3** neigt sich jeder der Fördertisch **166** leicht nach unten zu seinem hinteren Ende **168**, das kurz vor der Trennwand **134** endet. Die Tänzerrolle **65** und die Armanordnung dafür befinden sich auf der oberen Seite der Trennwand **134**, und die Tänzerrolle hebt das Extrudat vom unteren Ende **168** des geneigten Fördertisches **166** ab. Die Trennwand **134** kann dann als Damm für die Wassersperrdichtung dienen, und das Fördersystem **69** zum Ablenken des Extrudats nach unten in den Vakuumkammerabschnitt des Wasserbads kann etwas kürzer gestaltet werden und weiter oben angeordnet werden. Dadurch wird der feste Abschnitt der Vakuumkammer kürzer. Das obere Ende des Ablenk-Förderabschnitts **69** umfaßt eine untere Führungsrampe **169**, die das Einführen des Extrudats unter den oberen Abschnitt des Förderabschnitts **69** und in den Vakuumkammerabschnitt des Wasserbads erleichtert.

[0085] In der **Fig. 6** ist der "Slinky"-Mechanismus an der Innenseite der festen Trennwand **106** angebracht und umgibt die Düse **122**. Der "Slinky"-Mechanismus **105** ist ähnlich dem Mechanismus, der im früheren US-Patent 4 234 529 gezeigt ist, er wird jedoch hier von der Außenseite der festen Trennwand **106** auf eine Weise angetrieben, die der im früheren US-Patent 4 469 652 ähnlich ist. Die Düse **122** weist eine halbkreisförmige oder fächerförmige Düsenfläche **172** auf. Der Formmechanismus umfaßt eine Reihe von radial gleich abstandeten paarigen oberen und unteren halbkreisförmigen polierten Stangen **173** und **174**, die sich um die halbkreisförmige Düsenfläche **172** herum erstrecken. An den einzelnen polierten Stangen sind eine Reihe von relativ dünnen Scheiben oder Rollen **175**, **176** angeordnet, die bei der Extrusion in Gegenrichtung angetrieben werden, wie es durch die Pfeile **177** und **178** angezeigt wird. Die Scheiben oder Rollen sind miteinander verbunden, so daß das Antreiben einer Scheibe alle Scheiben antreibt.

[0086] Die bogenförmigen segmentierten Antriebsrollen sind jeweils oben und unten vorgesehen und werden mit der gleichen Geschwindigkeit und Kraft angetrieben, wobei die Geschwindigkeit und die Kraft sich ändern können, wenn das Extrudat radial aus der Düsenfläche austritt. Der Antrieb für die paarigen oberen und unteren Bogenrollen erfolgt über die Welle **180** und die Riemenscheibe **181** sowie den Zahnriemen **182** durch die Trennwand **106**. Die Welle ist drehbar in abgedichteten Lagern in der Trennwand angebracht. Innerhalb der Trennwand treibt die Welle **180** den Zahnriemen **183** an, der die Riemenscheiben **184** und **185** in entgegengesetzte Richtungen dreht. Die Riemenscheiben treiben die flexiblen oder Gelenk-Antriebswellen **186** und **187**, wodurch sich die Antriebs-Zahnräder **189** und **190** drehen, die wiederum über Riemen **192** und **193** einen paarigen Satz von Bogenrollen in den erwähnten entgegengesetzten Richtungen antreiben. Für jeden paarigen Rollensatz ist ein Antriebsgetriebe vorgesehen, so daß der Rollensatz hinsichtlich Geschwindigkeit und Drehmoment gesteuert werden kann. Es sind zwar nur fünf paarige Rollensätze dargestellt, es können jedoch in

Abhängigkeit von der Größe des geschäumten Produkts auch weniger oder mehr sein.

[0087] Jeder Rollensatz ist mittels Halterungen **197** und **198** an zwei sich vertikal erstreckenden Stangen **195** und **196** angebracht. Die Halterungen werden zur Einstellung und für eine schwimmende Bewegung jeweils durch eine pneumatische Kolben-Zylinder-Anordnung **200** gehalten. Ein gesteuerter Luftdruck kompensiert das Taragewicht oder tote Gewicht der Rollen, um ein Schwimmen zu erreichen. Es wird dann ein geringer zusätzlicher Druck angewendet, um die Kraft zu steuern, die von den Rollen auf das aufgeschäumte Extrudat ausgeübt wird. Der Druck ist zwar gering, reicht aber dennoch aus, um das geschäumte Extrudat, das aus der fächerförmigen Düsenfläche austritt, in die Form einer Platte mit wesentlicher Breite und Dicke zu bringen.

[0088] Die verschiedenen Teile des "Slinky"-Formmechanismus werden von diversen Halterungen **203** an der Innenseite der Trennwand **106** gehalten. Die Anordnung von Formrollen über und unter der Düse und ihre Achse oder Linie erfordern eine erhebliche vertikale Einstellung oder Bewegung, axial zur Linie ist jedoch keine wesentliche Einstellung des Formmechanismus notwendig.

[0089] Um die Düse axial zur Linie bezüglich des Formmechanismus verstellen zu können, wird durch den Mechanismus **127** der **Fig. 8** nicht nur der Wagen **116**, sondern auch der Mischkühler **104** und das Rohr **120** mit der Düse **122** an ihrem Ende innerhalb der Vakuumkammer bewegt. Die Düseneinstellung braucht nicht sehr aufwendig zu sein. Der Weg des Wagens ist bei **116** zu sehen, er wird durch eine hydraulische Kolben-Zylinder-Anordnung **208** mit kurzem Weg ausgeführt. Die Kolben-Zylinder-Anordnung oder der Aktuator kann einen eigenen Motor **209**, eine eigene Pumpe **210** und ein eigenes Betriebsventil **211** aufweisen. Der Zylinder der Anordnung **208** ist an einer Anschlußfläche **212** am Rahmen **116** angebracht. Die Stange **213** steht durch eine Buchse **214** im oberen Rahmenelement **215** des Wagens vor und ist bei **216** am Rahmenabschnitt **217** der feststehenden Trennwand **106** befestigt. Der Hub des Aktuators **208** ist relativ kurz, er liegt im Bereich von etwa 5 cm. Auf diese Weise wird eine relative Bewegung des Wagens bezüglich der festen Trennwand erreicht, wobei das Gelrohr **120** mit der Düse **122** in der Buchsendichtung **121** der **Fig. 6** gleitet. Die Buchsendichtung kann von der Art sein, die in der oben erwähnten parallelen Anmeldung von Robert L. Sadinski mit der Seriennummer 08/696718 gezeigt ist, die am 14. August 1996 für eine Vakuumextraktionsvorrichtung und -Verfahren eingereicht wurde.

[0090] Die Bewegungseinheit für den oder die Extruder machen von einer wesentlich längeren hydraulischen Kolben-Zylinder-Aktuatoranordnung Gebrauch, die bei **220** in der **Fig. 7** zu sehen ist. Der Zylinder der Kolben-Zylinder-Anordnung ist mit einem Gelenk **221** an der Halterung **222** angebracht, der an der Basis **154** des Extruderwagens befestigt ist. Die Stange **224** des Aktuators **220** ist bei **225** am Kompensationsgelenk **226** angelenkt, das wiederum bei **227** an den feststehenden Anker **115** angelenkt ist, der am Boden **49** befestigt ist. Der Hub der Kolben-Zylinder-Anordnung **220** ist wesentlich größer als der Hub des Einstell-Zylinderaktuators **208**. Zum Beispiel kann der Hub der Zylinderanordnung **220** im Bereich von etwa 370 cm (145,67 Zoll) bis etwa 450 cm (177,17 Zoll) liegen, wodurch die Extruder über einen erheblichen Weg bewegt werden können. Im Betrieb geht jedoch die Kolben-Zylinder-Anordnung **208** für die Düseneinstellung der Kolben-Zylinder-Anordnung **220** vor, und das Ventil **211** kann eine Neutralstellung aufweisen, die kleine axiale Bewegungen des Düsenwagens und damit der Düse bezüglich der festen Trennwand zur Kompensation von Temperatur- und Druckschwankungen erlaubt.

[0091] In den **Fig. 9** und **10** ist eine bevorzugte Form der Sperrmechanismus **230** für die Kammer gezeigt, dessen Anbringungsort durch den Pfeil an der Oberseite der **Fig. 1A** dargestellt ist. Der Sperrmechanismus umfaßt eine Anzahl von relativ niedrigen Kolben-Zylinder-Anordnungen **231**, die an festen Halterungen **232** an der Außenseite des festen Abschnitts **47** der Vakuumkammer angebracht sind. Jede Kolben-Zylinder-Anordnung ist bei **233** an ihrer Halterung angelenkt. Die Stange **234** der Anordnung **231** ist bei **235** an einen Gelenkhebel **236** angelenkt, der bei **237** an der Halterung **232** angelenkt ist. An den Gelenkhebel **236** ist bei **238** auch ein Gelenkstück **239** angelenkt, das bei **240** gelenkig mit einem Knickgelenk **241** verbunden ist, das seinerseits bei **242** an die Halterung **232** angelenkt ist. Das gebogene distale Ende **243** des Gelenks **241** kann mit einer Anschlagfläche **244** am Ende des sich bewegenden oder teleskopierenden Vakuumkammerabschnitts **46** in Eingriff kommen.

[0092] In der **Fig. 9** ist der Gelenksperrmechanismus zurückgezogen gezeigt, und das Gelenk **241** gibt den Teleskopabschnitt **46** frei, so daß dieser sich in der Ansicht der **Fig. 9** nach rechts bewegen kann. In der **Fig. 10** ist der Gelenksperrmechanismus in der Sperrstellung gezeigt. Die Kolben-Zylinder-Anordnung ist ausgefahren, wodurch der Gelenkhebel **236** um den Drehpunkt **237** geschwenkt wurde und der Schwenkpunkt **238** das Knickgelenk **241** veranlaßt hat, um die gezeigte Position so zu schwenken, daß das Ende **243** des Gelenks **241** an der Anschlagfläche anliegt. Die drei Schwenkpunkte **240**, **238** und **237** bilden die Gelenksperrung, wobei der mittlere Schwenkpunkt etwas über der Mitte liegt. In der Sperrstellung der **Fig. 10** kann dann die bei **246** gezeigte Dichtung aufgeblasen werden, wodurch die Vakuumkammer zur Evakuierung oder Unterdrucksetzung abgedichtet wird. Die Einzelheiten der Abdichtung sind besser in der **Fig. 11** zu sehen.

[0093] Die Abdichtung **246** der **Fig. 11** ist die zwischen der festen Trennwand **36** und dem gegenüberliegenden Ende des sich bewegenden Vakuumkammerabschnitts **46**. Der sich bewegende Abschnitt **46** weist einen Flansch **247** mit Ringen **248** und **249** auf, die axial zur festen Trennwand **36** hin vorstehen und die eine axial

offene, kanalförmige Nut bilden. Zwischen den Ringen befindet sich ein Sitz **250** für die aufblasbare Dichtung **251**. Der Sitz **250** paßt genau in die axial offene kanalförmige Nut, und die Dichtung weist zwei Einschnappvorsprünge **252** und **253** auf, mittels denen die Dichtung leicht eingesetzt und ersetzt werden kann. Die Dichtung hat die Form eines aufblasbaren O-Rings mit einer axial vorstehenden Rippe **255**, die gegen das Innere der festen Trennwand drückt, wenn die Dichtung aufgeblasen ist. Bei der Ausführungsform der **Fig. 1A** ist die Dichtung der **Fig. 11** am linken Ende des sich bewegenden Abschnitts **46** vorgesehen. Die Abdichtung am rechten Ende ist wie in den **Fig. 9** und **10** gezeigt ausgebildet.

[0094] Bei den Ausführungsformen der **Fig. 2, 3** und **4** ist die Dichtung zwischen dem sich bewegenden Abschnitt **130** und der festen Trennwand **106** wie in der **Fig. 11** gezeigt ausgebildet. Die Abdichtung zwischen den beiden sich bewegenden Abschnitten **130** und **131** ist die gleiche, mit der Ausnahme, daß die Abdichtung sich an einen Flansch am gegenüberliegenden beweglichen Abschnitt anlegt. Die Abdichtung zwischen dem festen Abschnitt **47** und dem beweglichen Abschnitt **131** ist wie in den **Fig. 9** und **10** gezeigt ausgebildet. Der Flansch oder die Platte, der bzw. die das Ende des beweglichen Abschnitts **131** verschließt, weist jedoch eine exzentrische Öffnung für den festen Abschnitt **47** mit kleinerem Durchmesser auf.

[0095] In der **Fig. 12** ist zu sehen, daß sich die Tänzerrolle **65** zwischen dem äußeren Ende der Arme der Armanordnung **66** befindet. Die Rolle **65** kann eine Urethanbeschichtung aufweisen. Die Armanordnung ist bei **260** an eine Halterung **261** angelenkt. Die pneumatische Kolben-Zylinder-Anordnung **67** bewirkt, daß die Armanordnung nach oben schwenkt und in der bei **262** gestrichelt gezeigten Schwimmstellung bleibt. Die Anordnung **67** ist an ihrem blinden Ende bei **263** an einer vertikal verstellbaren Halterung **264** angelenkt, die zum Beispiel an der Trennwand **62** oder **134** angebracht sein kann. Die Stange der Kolben-Zylinder-Anordnung ist bei **265** angelenkt. Wie aus den mehreren gezeigten Ausführungsformen hervorgeht, kann die Tänzerrollenanordnung an der Trennwand so angebracht sein, daß sie in Produktionsrichtung entweder vorwärts oder rückwärts zeigt. In jedem Fall drückt dabei die Kolben-Zylinder-Anordnung die Rolle **65** nach oben in eine Schwimmstellung unter dem Extrudat, das über die Rolle läuft. Der Anlenkpunkt **260** ist mit einem Drehkodierer **267** versehen, der dazu verwendet wird, die Stellung der Rolle **65** zu erfassen, was zur analogen Steuerung der Spannung am Extrudat beim Passieren der Trennwand, an der die Rolle angebracht ist, und zu Beginn seines Abstiegs in den Vakuumkammerabschnitt mit der Wassersperrdichtung vor dem Eintauchen und zum Ausgang der Kammer zur Atmosphäre hin verwendet wird.

[0096] In den **Fig. 13** bis **15** ist zu sehen, daß die Mischkühlereinheit **104** eine Umhüllung **270** aufweist, die sich zwischen den axial beabstandeten Rohrplatten **271** und **272** erstreckt. Die Umhüllung **270** sitzt auf kleinen Schultern an der Innenseite der Rohrplatten und ist bei **273** angeschweißt. Innerhalb der Umhüllung **270** erstreckt sich eine große Anzahl von Bündeln von Mischrohren **275** durch die Rohrplatten. Jedes Rohr in der Umhüllung ist mit gekrümmten Mischelementen **276** versehen, so daß jedes Rohr ein statischer Mischer ist. Die Schaufeln **276** sind gekrümmt und bewirken, daß sich die Schmelze um die Rohrachse drehend bewegt. Die statischen Mischer in den Rohren können von der Art sein, die von Cemineer-Kenics in North Andover, Massachusetts, USA hergestellt und verkauft wird. Es ist zwar nicht gezeigt, es sind aber alle Rohre in den Bündeln mit den gekrümmten Elementen eines statischen Mixers versehen. Bei der gezeigten Ausführungsform können es über 90 sein. Für einen großen Durchsatz kann die Anzahl der Mischrohre im Bündel bis zu **225** oder **300** oder noch mehr betragen.

[0097] Die Rohre im Bündel sind voneinander etwas beabstandet, wie es bei **278** gezeigt ist. Das Rohrbündel ist unabhängig von der Anzahl so angeordnet, daß das Bündel symmetrisch zur Mischer- und Maschinenachse **280** liegt. Die Rohre sind alle zu dieser Achse parallel, und der Querschnitt des Bündels ist so kreisförmig wie möglich und um die Achse **280** zentriert. Auf diese Weise können die Rohrbündelflächen, die durch die Rohrplatten vorstehen, von konischen oder Sammelköpfen **282, 283** abgedeckt werden, die mit den Rohrplatten durch einen Ring von Schrauben **284** verbunden werden. Jeder Kopf ist mit einer sich erweiternden konischen Aussparung **286, 287** versehen. Das äußere oder weitere Ende der konischen Aussparung umgibt die vorstehenden Enden der Rohrbündel in geringem Abstand. Ein Füllmaterial **289** umgibt das Bündel und minimiert den toten Raum im Weg des Schmelzflusses. Der Einlaßkopf **282** ist mit einer axialen Einlaßpassage **290** versehen, die mit einer Schulter **291** versehen ist und von Gewindelöchern **292** umgeben ist. Auf diese Weise kann an dem Einlaßkopf eine Standard-ANSI-Flanschverbindung befestigt werden.

[0098] Der Auslaßkopf ist mit einem axial ausgerichteten Auslaß **294** versehen, der im Durchmesser etwas kleiner ist als der Einlaß **290**. An der stromabwärts gelegenen Seite des Kopfes **283** ist ein Flanschadapter **295** angebracht. Das Gelrohr **120** weist einen auf sein Ende aufgeschraubten Ring **296** auf, der durch Schrauben **297** am Kopf gehalten wird. Zwischen dem Gelrohr und dem Flansch **295** liegen Ausrichtringe **298, 299** und **300** mit zueinander passenden konischen Flächen. Das Innere des Gelrohrs ist mit statischen Mischelementen **302** versehen, die eine kontinuierliche Drehung der Schmelze um die Achse **280** bewirken. Das Rohr kann mit einer äußeren Umhüllung **303** versehen sein, das eine Isolierung **304** umgibt.

[0099] Der Mischkühler ist mit einem Einlaß **306** und einem Auslaß **307** ausgestattet. Außerdem ist die Umhüllung mit einer Entlüftung **308** und einer Entwässerung **309** versehen. In der gezeigten Ausführungsform befindet sich der Einlaß **306** am Boden und der Auslaß **307** an der Oberseite. Zwischen dem Einlaß und dem

Auslaß befindet sich eine Reihe von Prallwänden **312**, **313**, **314** und **315**. Die Prallwände **312** und **314** erstrecken sich von der Oberseite der Umhüllung weg und die Prallwände **313** und **315** von der Unterseite der Umhüllung weg, so daß das Kühlmittel auf einem gewundenen oder sinusoidalen Weg durch das Rohrbündel laufen muß. Bei der gezeigten Ausführungsform umströmt das Kühlmittel den Großteil der Rohre des Bündels fünfmal.

[0100] Wie in den **Fig.** 13 und 14 gezeigt können die Köpfe **282** und **283** mit radialen Anschlüssen **317** versehen sein, an denen am Einlaß und am Auslaß Druck- und Temperatursensoren angebracht werden können. Die Rohrplatten **271** und **272** sind mit nach unten vorstehenden Halterungen **318** und **319** versehen, die den Mischkühler auf dem Gestell **116** abstützen.

[0101] Wie aus der **Fig.** 15 ersichtlich ist, läuft das Kühlmittel nach dem Auslaß **307** durch einen Wärmetauscher **322**, in dem es Wärme abgibt. Das Kühlmittel läuft dann durch die Umwälzpumpe **333**, ein Steuerventil **334**, einen Filter **335** und schließlich durch einen Temperaturregler **336**, bevor es durch den Einlaß **306** wieder in die Umhüllung **270** strömt. Das umlaufende Kühlmittel kann Wasser mit geeigneten Additiven sein.

[0102] Unabhängig von der Anzahl der Rohre im Bündel können die Mischrohre in jedem Bündel einen Durchmesser von etwa 3,17 cm (1,25 Zoll) haben. Das Verdoppeln oder gar Verdreifachen der Anzahl von Rohren in einem Bündel verändert die Gesamtabmessungen des Mischkühlers nicht wesentlich. Zum Beispiel beträgt die Gesamthöhe eines Mischkühlers mit etwa 90 Bündeln 84 cm (33,07 Zoll), während ein Mischkühler mit etwa **229** Rohren in einem Bündel etwa 120 cm (47,24 Zoll) hoch ist. Mischkühler mit verschiedenen Abmessungen können einfach durch Anpassen der Höhe des Wagens **116** eingepaßt werden. Um den erwähnten Durchsatz zu erreichen, beträgt die Anzahl der Rohre im Bündel etwa **229**.

[0103] Wie erwähnt ist der Einlaß am Mischkühler wesentlich größer als dessen Auslaß. Der Einlaß kann einen Durchmesser im Bereich von 15,2 cm (5,98 Zoll) haben, während der Auslaß etwa 13,7 cm (5,39 Zoll) groß ist. Wenn die einzelnen Mischrohre des Bündels jeweils einen Innendurchmesser (ID) von etwa 2,54 cm (1 Zoll) haben, beträgt das Verhältnis der Querschnittsfläche des Inneren des Rohrbündels zur Einlaßfläche etwa 6,36, während die Querschnittsfläche am Auslaß etwa 11,31 ist, was beides um einiges größer als ein Verhältnis von etwa 2 zu 1 ist.

[0104] Durch solche Verhältnisse wird die Bewegung der Schmelze in den Mischrohren erheblich herabgesetzt, was einen wirkungsvollen und gleichmäßigen Entzug von Wärme ermöglicht. Bei dem Mischkühler des vorliegenden Systems kann die Schmelztemperatur innerhalb von  $\pm 1^\circ\text{F}$  ( $0,5^\circ\text{C}$ ) kontrolliert werden.

[0105] Auf diese Weise kann die Viskosität der Schmelze an der Düse genau so gesteuert werden, daß sie innerhalb der Bereiche liegt, die zur Herstellung eines hochwertigen und gleichmäßigen Produkts erforderlich sind. Zum Beispiel weist eine Platte mit einer Breite von 122 cm (48,03 Zoll) und einer Dicke von 10,16 cm (4 Zoll) eine Querschnittsfläche von etwa 1240 Quadratzentimeter (192,2 Quadrat Zoll) auf. Um ein solches Produkt ohne Zellenkollaps und ohne ungleichmäßige Zellenstruktur in höchster Qualität herzustellen, ist ein kritischer Viskositätsbereich von etwa 25.000.000 bis etwa 30.000.000 Zentipoise erforderlich. Für ein ähnliches Produkt mit einer Dicke von 2,54 cm (1 Zoll) und einer Größe von etwa 80 cm<sup>2</sup> (12,4 Zoll im Quadrat) ergibt ein niedrigerer Viskositätsbereich von etwa 15.000.000 bis etwa 20.000.000 Zentipoise die optimale Schaumqualität.

[0106] Auf diese Weise kann der Mischkühler als Viskositätssteuergerät betrieben werden, da die Viskosität der Schmelze im Mischkühler eine Funktion der rheologischen Eigenschaften der Schmelze ist, die zur Scherrate und zur Schäumtemperatur proportional sind. Die Viskosität wird auch durch die Menge des Aufblasmittels in der Schmelze beeinflusst und in einem geringeren Ausmaß durch die Extrusionsadditive. Für eine gegebene Extrusionsrate wird daher die Steuerung des erforderlichen kritischen Viskositätsbereiches durch Steuern der Schmelztemperatur im Mischkühler bewirkt. Die kritische Viskosität für ein gegebenes Produkt kann durch Messen des Gesamt-Druckabfalls im Mischkühler und Berechnen der absoluten Viskosität bestimmt werden, die dann zur Bestimmung der optimalen Produktperformance herangezogen wird. Diese Bereiche können in Abhängigkeit von den Betriebsbedingungen erheblich variieren, und wenn sie einmal empirisch bestimmt wurden, können sie präzise wiederholt werden.

[0107] Die Scherrate ist der Rate proportional, mit der die Polymerschmelze Scherspannungen aufnimmt, und wird normalerweise in inversen Sekunden ( $\text{sek}^{-1}$ ) gemessen. Beim Betreiben des Systems ist es wichtig, daß die Rohre und Mischelemente des Mischkühlers so bemessen sind, daß die Gesamt-Scherrate in einem Betriebsbereich liegt, der keine weitere Schmelzscherung an den Mischelementen bewirkt. Der Scherratenbereich für jedes einzelne Rohr in den unten angegebenen Längen- und Durchmesserbereichen sollte zwischen etwa 1 bis etwa 10  $\text{sek}^{-1}$  liegen. Das Aufrechterhalten der Scherrate zusammen mit der Temperatur ermöglicht die genaue Kontrolle der Viskosität der Polymerschmelze, was zur Herstellung von gleichmäßigen Zellenstrukturen bei einem großen Durchsatz ohne Zellenkollaps, übermäßige Zellengröße oder offene Zellen wichtig ist.

[0108] Die Betriebsparameterbereiche für den Mischkühler zur Herstellung von qualitativ hochwertigen geschäumten Platten niedriger Dichte in dem gezeigten geschlossenen Kammersystem sind:

	<u>Minimum etwa</u>	<u>Maximum etwa</u>
Extrusionsrate	453,59 kg/h (1000,0 lb/h)	1360,78 kg/h (3000,0 lb/h)
Schmelztemperatur	123,88°C (250°F)	135°C (280°F)
Schmelzviskosität (CP)	15.000.000	30.000.000
SC Druckabfall DR	25857,45 mm-mg (500,0 psig)	77572,35 mm-mg (1500,0 psig)
Rohrgröße – ID	2,54 cm (1,0")	3,81 cm (1,5")
Rohrlänge	60,96 cm (24,0")	152,4 cm (60,0")
Anzahl Rohre mit Mischelementen	96	300
Scherrate/Rohr	1 sek <sup>-1</sup>	10 sek <sup>-1</sup>

[0109] Der statische Mischer im Gelrohr **120** zwischen dem Mischer und der Düse verhindert, daß zwischen dem Mischer und der Düse wieder thermische Gradienten in Erscheinung treten. Es ist auch von Nutzen, in den relativ kurzen Abschnitt der Leitung bei **338** in der **Fig. 15** einen statischen Mischer mit statischen Mischelementen wie bei **302** in der **Fig. 13** vorzusehen. Ein statischer Mischer an dieser Stelle verringert oder minimiert die thermischen Gradienten am Eingang der Einheit **104**.

[0110] Die angegebenen Parameter sind in einem gewissen Ausmaß empirisch, wobei der Mischkühler und seine Fähigkeit zum Erzeugen des geeigneten kritischen Viskositätsbereiches für verschieden großen Platten oder Extrudate bei der Herstellung von großen und kleinen hochwertigen Produkten mit dem geschlossenen Kammersystem sehr wichtig sind. Der Übergang des Produkts aus der Vakuumkammer, in der sich das Produkt in einem amorphen Zustand befindet und noch wächst, durch den Tauchwassersperrdichtkühler macht die genaue Viskositätskontrolle besonders nützlich. Probleme wie ein Zellenkollaps und eine Ungleichförmigkeit der Zellenstruktur besonders im Bereich niedriger Dichte, wie sie mit Vakuumschäumen erreicht werden, werden damit vermieden. Zum Beispiel können mit der richtigen Steuerung des Viskositätsbereichs Schäume niedriger Dichte im Bereich von etwa 0,016 Gramm pro Kubikzentimeter (1 Pound pro Kubikfuß) bis 0,096 Gramm pro Kubikzentimeter (6 Pound pro Kubikfuß) mit gleichmäßiger Zellenstruktur und ohne Zellenkollaps beim Bewegen des Extrudats durch die Wassersperrdichtung und in die Atmosphäre erhalten werden.

[0111] Das Fenster oder die Öffnung **82**, durch das oder die das Extrudat aus dem Vakuumkammerabschnitt des Wasserbades bei **70** in den atmosphärischen Abschnitt bei **76** übergeht, wird genauer anhand der **Fig. 16** bis **18** gezeigt und beschrieben. Das in Strömungsrichtung nachgeordnete Ende der Vakuumkammer **40** umfaßt die Trennwand **42** mit einem größenveränderlichen Fenster **342**, das mit dem Inneren der Haube **74** in Verbindung steht. Die Haube **74** steht von der unteren Seite der Trennwand in den Wasserbadbehälter **75** vor. Das Extrudat **64** bewegt sich in der **Fig. 17** in einem Winkel unter den Wasserpegel **70** nach unten, geführt vom Fördersystem **69**. Das aufschwimmende Extrudat läuft unter eine Andruckplatte **344**, die geeignet geneigt am oberen Abschnitt des Fensters **342** angebracht ist. Von der Unterseite der Platte tritt das Extrudat zwischen die Führungsrollen des dicht gepackten Rollensatzes **80**. Die Führungsrollen umfassen einen oberen Rollensatz und einen unteren Rollensatz, die jeweils in einem Rahmen **345** bzw. **346** aufgehängt sind. Jeder der dicht gepackten Rollensätze umfaßt größere Endrollen **348** und **349**, die mit Urethanbeschichtungen versehen sein können. Zwischen diesen Rollen befindet sich ein eng beabstandeter oder dicht gepackter Satz von leer mitlaufenden Rollen **350**. Die Leerlaufrollen liegen tangential an einer Linie, die auch tangential zum Inneren der Endrollen ist. Die gegenüberliegenden Hauptendrollen jedes Satzes können angetrieben werden, jedoch nur beim Hochfahren. Die gegenüberliegenden Rollen auf den gegenüberliegenden Seiten des Extrudats können durch den schematisch bei **352** in der **Fig. 16** gezeigten Antrieb zum Vorschub des Extrudats angetrieben werden. Wenn die Linie auf kontinuierlicher Basis im Vakuum arbeitet, drehen sich alle Rollen jedes Satzes frei oder leer.

[0112] Die beiden Rahmen sind an vier Führungspfosten **354**, **355**, **356** und **357** angebracht. Der obere Rahmen ist normalerweise an diesen Pfosten befestigt, er kann aber auch während des anfänglichen Hochfahrens zu Einstellungszwecken beweglich sein. Der obere Rahmen umfaßt einen festen Schieber oder eine feste Blende **359**, der bzw. die den oberen Rand der Unterwasseröffnung **82** bildet. Alle anderen Ränder der Öffnung sind auf einer kontinuierlichen Basis einstellbar.

[0113] Der untere Rand der Öffnung wird durch die Blende oder den Schieber **361** gebildet, der an der Vorderseite des Rahmens **346** für den unteren eng gepackten Führungsrollensatz angebracht ist. Durch Drehen der Pfosten in eine gemeinsame Richtung wird durch ein Gewindefolgeelement in den Ansätzen **363**, durch die sich ein Schraubenabschnitt der Pfosten erstreckt, eine Bewegung des unteren Schiebers oder der unteren Blende **361** erreicht. Die Pfosten können mittels des Antriebs **364** und den Motor **365** in Drehung versetzt werden, die schematisch in der **Fig. 19** zu sehen sind. Dadurch bewegt sich nicht nur der untere Schieber **361** der Öffnung nach oben und nach unten, sondern der ganze untere eng gepackte Führungsrollensatz.

[0114] Die beiden seitliche Blenden oder Schieber sind in der **Fig. 18** bei **367** und **368** gezeigt. Diese Blenden weisen jeweils einen vertikalen Rand auf, der geeignet gerundet sein kann, wie bei **369** und **370** gezeigt ist. Der Schieber **367** ist auf parallelen Schienen **372** und **373** angebracht und der seitliche Schieber **368** auf parallelen Schienen **374** und **375**. Die Schienen sind etwa 30° bis etwa 40° geneigt und liegen symmetrisch zueinander.

[0115] Außen sind an der Haube Halterungen **378** und **379** für umsteuerbare Motoren **380** und **381** angebracht. Die Motoren **380** und **381** treiben Schraubspindeln **382** und **383** an, die aus Gehäusen **384** und **385** vorstehen. Die Schraubenaktuatoren sind mit Gelenken **387** und **388** verbunden, die schwenkbar bei **389** und **390** mit dem jeweiligen Schieber verbunden sind. Zum Zwecke der Darstellung ist der Schieber **369** voll zurückgezogen dargestellt, während der Schieber **368** nahezu voll ausgefahren gezeigt ist. Die Bewegung der seitlichen Schieber kontrolliert die Breite der Öffnung **82**. Die Bewegung der unteren Blende **361** kontrolliert die Höhe oder Dicke der Öffnung. Nur zum Zwecke der Darstellung ist das Extrudat in der **Fig. 18** wesentlich dünner dargestellt als in der **Fig. 17**.

[0116] Aus den **Fig. 19** und **20** ist ersichtlich, daß die Schieber oder Blenden kontinuierlich in Reaktion auf geometrische Parameter wie die Abmessungen oder die Position des Extrudats bei dessen Bewegung durch das Wasserbad und in die Haube bewegt werden. Unmittelbar vor der Haube sind an der Trennwand **42** Rollen **393** und **394** zum Erfassen der Kanten des Extrudats an Schwingarmen **395** und **396** angebracht. Zylinderanordnungen **397** und **398** drücken die Rollen zueinander oder zu den Kanten des dazwischen hindurchlaufenden Extrudats. Die vertikal länglichen Rollen befinden sich auf einer vertikalen Achse, wie die proximalen Schwenkpunkte für die jeweiligen Arme. An diesen proximalen Schwenkpunkten sind Drehkodierer **401** und **402** angebracht. Die Rollen **393** und **394** befinden sich axial unter Wasser, während die Haltearme **395** und **396** sowie die pneumatischen Kolben-Zylinder-Anordnungen und die Drehkodierer sich über der Wasserlinie befinden.

[0117] Die Dicke des Extrudats wird durch eine Unterzugrolle **405** gemessen, die zwischen den distalen Enden der Arme eines Armrahmens **406** angebracht ist. Eine Zylinderanordnung **407** drückt den Armrahmen in der Ansicht der **Fig. 17** im Gegenuhrzeigersinn um seinen oberen Schwenkpunkt **408**, der einen Drehkodierer **409** aufweist. Auf diese Weise dient die Platte **344** über dem Extrudat als Gegenhalterung für die Rolle **405**, und die Position der Rolle stellt einen analogen Meßwert für die Dicke des Extrudats dar. Der Drehkodierer befindet sich wieder über dem Wasserspiegel, während sich die Rolle **405** unter dem Wasserspiegel befindet.

[0118] Wie in der **Fig. 19** zu sehen ist, wird jeder der drei Motoren **380** und **381** für die seitlichen Schieber und **365** für die untere Blende oder den unteren Schieber durch eine entsprechende Bewegungssteuerung **412**, **413** und **414** gesteuert. Die Bewegungssteuerung ist vorzugsweise vom integralen PID-Typ (Proportional, Integral, Differential) und berücksichtigt einen einprogrammierten Faktor für die Änderung des Produkts von der Stelle der Sensorrolle zur Öffnung. Die Drehkodierer in den Schwenkpunkten der Arme sind mit den jeweiligen PID-Steuerungen verbunden. Der Kodierer **402** ist über die Leitung **416** mit der Steuerung **412** verbunden. Der Kodierer **401** ist über die Leitung **417** mit der Steuerung **413** verbunden, und der Kodierer **409** ist über die Leitung **418** mit der Steuerung **414** verbunden. Die Steuerungen sind über die Leitung **420** mit der Hauptprozeßsteuerung verbunden.

[0119] Die **Fig. 19** zeigt auch die Tänzerrolle **65** am Armrahmen **66** mit dem Kodierer **267**. In der Ausführungsform der **Fig. 19** steuert der Kodierer **267** eine PID-Steuerung **422**, die ihrerseits den Antrieb **423** für ein perforiertes Band **424** auf einem Vakuumtisch **425** steuert. Der Vakuumtisch kann an Stelle der Zugvorrichtung der **Fig. 1B** verwendet werden. Durch die Vakuumpumpe oder das Gebläse **428** wird in der Kammer **427** ein Unterdruck erzeugt, und die Höhe des Unterdrucks kann durch die Gebläse- oder Pumpengeschwindigkeit gesteuert werden. Die Höhe des Unterdrucks reicht aus, um das Extrudat **64** ohne es zu beschädigen auf dem perforierten Vakuumband zu halten, und der Antrieb **423** zieht das Extrudat in der Ansicht der **Fig. 19** nach rechts. Die Steuerung **422** wird über die Leitung **420** von der zentralen Prozeßsteuerung gesteuert. Die Stellung der Tänzerrolle, über die das Extrudat läuft, steuert wieder den Bandantrieb **423**, um die Spannung zu kontrollieren, die am Extrudat vom der Form- oder Anpaßvorrichtung in der Vakuumkammer durch das Wassertauchbad, die Unterwasseröffnung, die Abblaseeinrichtung bis in die Schneid- und Verarbeitungsvorrichtung am hinteren Ende des Prozesses ausgeübt wird.

[0120] In der **Fig. 19** sind auch Sprühdüsen **79** gezeigt. Die Düsen werden von einer oder mehreren Leitungen **430** versorgt, die sich zum atmosphärischen Wasserbadabschnitt **76** erstrecken. Wenn die verschlossene Kammer von der Vakuumpumpe **432** evakuiert wird, wird Wasser in die Kammer gezogen und auf das Extrudat oder die geschäumte Platte **64** gesprüht, bevor diese in den Wasserbadabschnitt eintritt, so daß das Wasser durch die Umwälzpumpe **434** in den atmosphärischen Abschnitt zurück befördert wird. Es kann statt dessen auch über dem Wasserbad ein spezieller Ablauf vorgesehen werden.

[0121] Es wird somit ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Herstellen qualitativ hochwertiger Schäume niedriger Dichte und zum Herstellen solcher Schäume mit einem hohen effektiven Durchsatz geschaffen.

[0122] Die Erfindung umfaßt insbesondere die in den Patentansprüchen aufgezeigten Merkmale, wobei diese lediglich einige der vielen verschiedenen Arten anzeigen, auf die das erfindungsgemäße Prinzip angewendet

werden kann.

### Patentansprüche

1. Extrusionsvorrichtung mit einem Extruder (30), einer abdichtbaren Kammer (40), einer innerhalb dieser und an ihrem einen Ende angeordneten, mit dem Extruder verbundenen Düse (37) zum Formen eines Extrudats, einer am anderen Ende der Kammer angeordneten Wassersperrdichtung (44) mit einer Unterwasseröffnung (82), durch die das Extrudat an die Atmosphäre austritt, und mit einer Einrichtung zum Bestimmen von Parametern des Extrudats, mit denen die Größe der Öffnung (82) gesteuert wird.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Öffnung generell rechteckig und die Bestimmungseinrichtung so angeordnet ist, daß sie die Stelle jeder Kante des Extrudats erfaßt, um danach den Rand der Öffnung einzustellen.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Bestimmungseinrichtung so angeordnet ist, daß sie die Dicke des Extrudats bestimmt, um danach die vertikale Abmessung der Öffnung einzustellen.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, wobei der obere Rand (359) der Öffnung fest ist und die Einrichtung (405–409) zum Bestimmen der Extrudatdicke den unteren Rand (361) der Öffnung einstellt.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, mit einer Führungseinrichtung (80), die das Extrudat durch die Öffnung im wesentlichen angrenzend an deren oberen Rand (359) führt.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, wobei die Führungseinrichtung (80) eine die vertikale Bewegung des Extrudats begrenzende Gruppe von Rollen ist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, wobei die Rollengruppe im Abstand voneinander angeordnete größere Rollen (348, 349) mit dazwischen befindlichen, enger angeordneten kleineren Rollen (350) aufweist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, mit einer Antriebseinrichtung zum Antreiben der größeren Rollen beim Hochfahren des Systems, und mit einer Einrichtung, die die Antriebseinrichtung nach dem Hochfahren abtrennt, so daß dann sämtliche Rollen der Rollengruppe leer umlaufen.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, wobei der bewegbare untere Rand der Öffnung einen Anpaßrollensatz aufweist.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 9, mit einer vor der Rollengruppe über dem Extrudat angeordneten Andruckplatte (344) und einer Einrichtung (405–409) zum Bestimmen der Dicke des Extrudats an der Andruckplatte.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, mit einer schwenkbaren, quer verlaufenden Meßrolle (405), die zum Bestimmen der Extrudatdicke federnd gegen die Unterseite des Extrudats an der Andruckplatte gedrückt wird.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, mit Kantenmeßrollen (393, 394), die so ausgelegt sind, daß sie an den Kanten des Extrudats anliegen, um den Ort jeder Kante zu erfassen und die Breite des Extrudats zu bestimmen.
13. Vorrichtung nach Anspruch 11 und 12, wobei jede Meßrolle (405, 393, 394) an einem Schwenkarm (406, 395, 396) gelagert ist und am Drehpunkt jedes Schwenkarms eine Einrichtung (409, 401, 402) zum Bestimmen der Position der betreffenden Meßrolle aufweist.
14. Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei die an dem jeweiligen Drehpunkt vorhandene Einrichtung einen Drehkodierer aufweist, der Rückkopplungssignale erzeugt.
15. Vorrichtung nach Anspruch 14, mit Bewegungssteuerungen (412, 413, 414), die mit den Rückkopplungssignalen beaufschlagt werden.
16. Vorrichtung nach Anspruch 15, mit umsteuerbaren Motoren (304, 380, 381), die von den Bewegungssteuerungen betätigt werden, um die den unteren Rand und die seitlichen Ränder der Öffnung bildenden Schieber zu bewegen.



17. Vorrichtung nach Anspruch 16, wobei die die seitlichen Ränder bildenden Schieber auf geneigten Schienen (**372**, **373**, **374**, **375**) laufen.
18. Vorrichtung nach Anspruch 17, wobei die Schienen unter 30 bis 45° zu den Rändern der Schieber verlaufen.
19. Vorrichtung nach Anspruch 18, mit einer Antriebsspindel (**382**, **383**) zum Bewegen der Schieber längs der Schienen.
20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 19, mit einer jenseits der Wasserspendichtung angeordneten Abzieheinrichtung (**93**), die das Extrudat durch die Öffnung zieht.
21. Extrusionsverfahren, wobei eine schäumbare Schmelze durch eine Düse (**37**) in einer abdichtbaren Kammer (**40**) extrudiert wird, das Extrudat innerhalb der Kammer geformt und abgeglichen wird, das Extrudat kontinuierlich durch eine in einer Wassersperrdichtung (**44**) vorgesehene einstellbare Unterwasseröffnung (**82**) aus der Kammer gezogen wird und bestimmte Parameter des Extrudats vor der Öffnung gemessen werden, um die Gestalt der Öffnung automatisch zu steuern.
22. Verfahren nach Anspruch 21, wobei die Öffnung eines oder mehrere der Merkmale nach einem der Ansprüche 2 bis 19 aufweist.
23. Verfahren nach Anspruch 21 oder 22, wobei die Kammer eine Vakuumkammer ist und die Düse ein kontinuierliches Produkt erzeugt, das sich in der Vakuumkammer ausdehnt.
24. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 23, wobei das kontinuierliche Produkt unmittelbar vor der Öffnung in diese eingeführt wird.
25. Verfahren nach Anspruch 24, wobei die geometrischen Parameter des Produkts unmittelbar vor dem Einführen bestimmt werden.
26. Verfahren nach Anspruch 25, wobei etwaige Änderungen der geometrischen Parameter des Produkts aufgenommen werden, während sich das Produkt von der Messung zu der Öffnung bewegt.

Es folgen 14 Blatt Zeichnungen

FIG. 1A

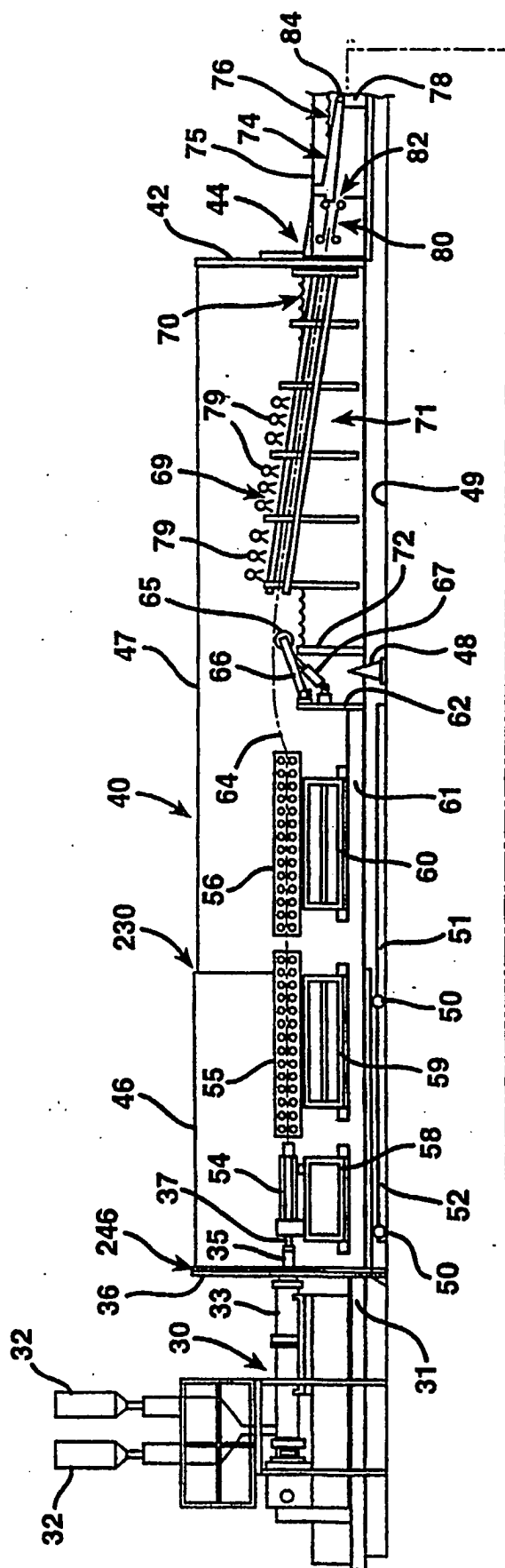


FIG. 1B

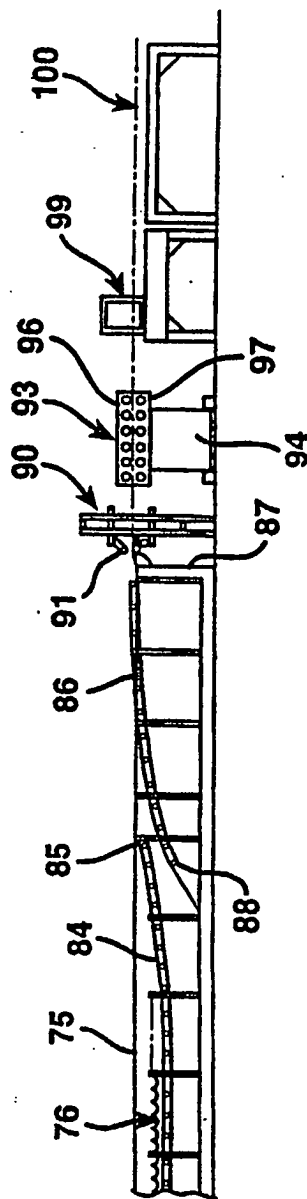


FIG. 2

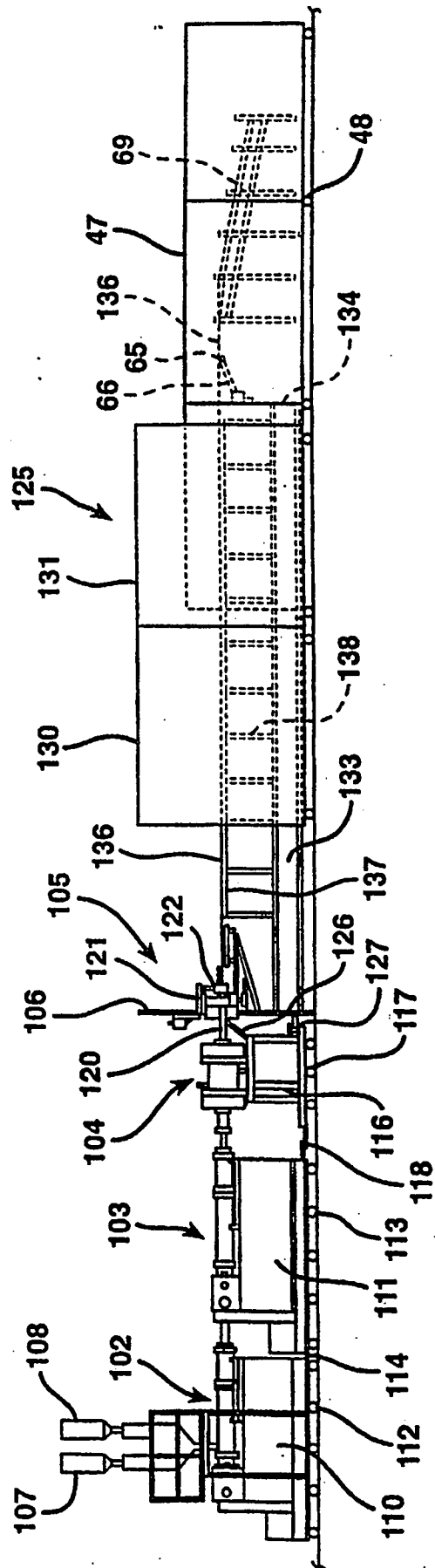


FIG. 3

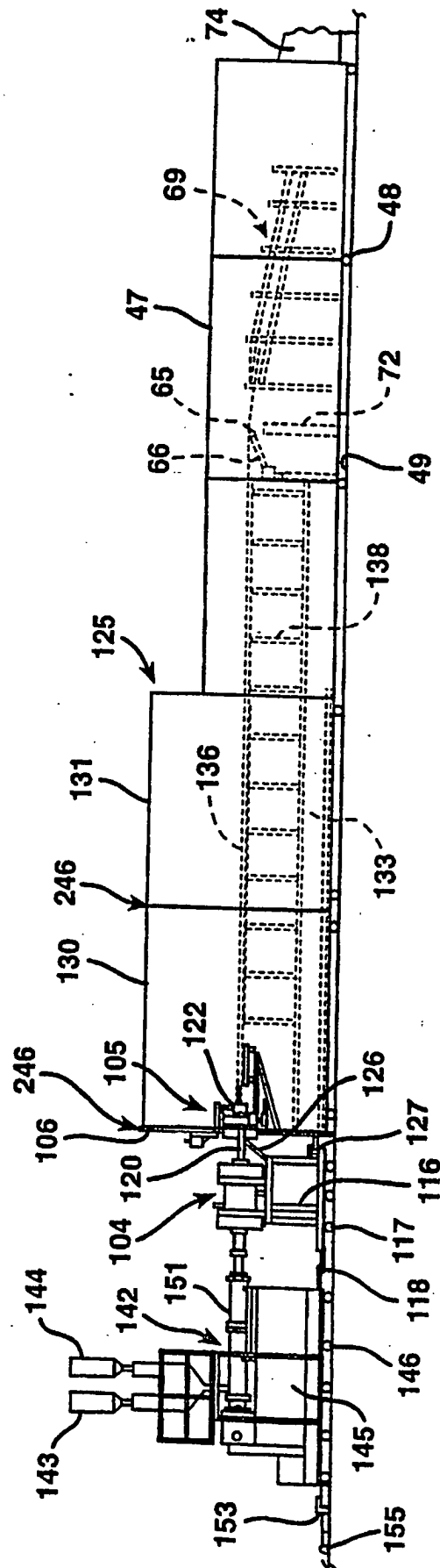


FIG. 4

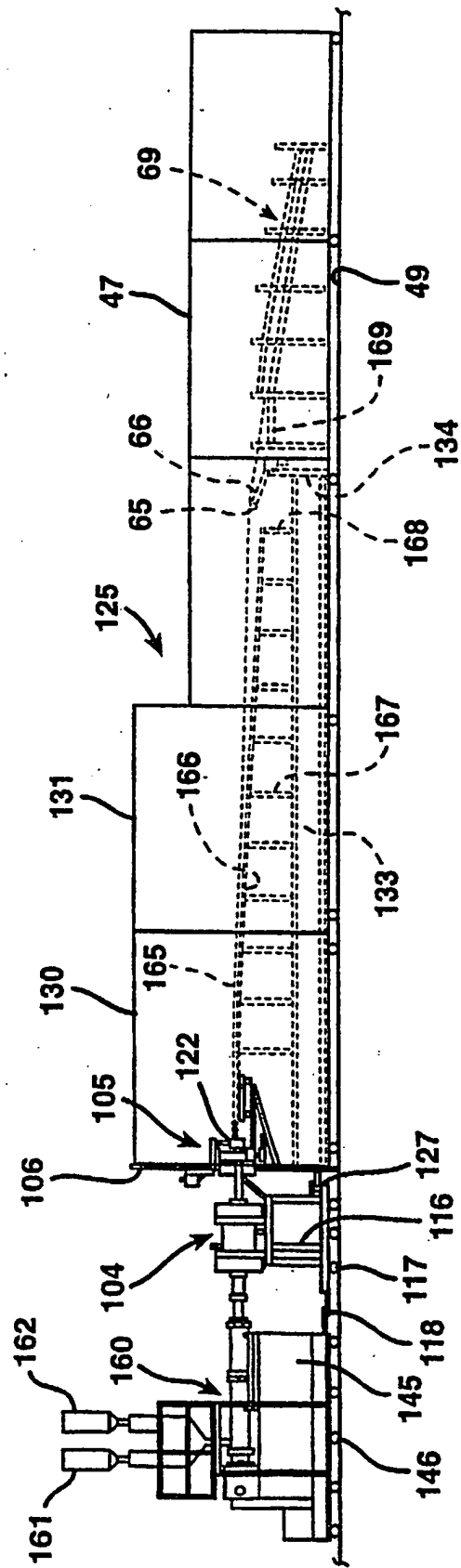


FIG. 5

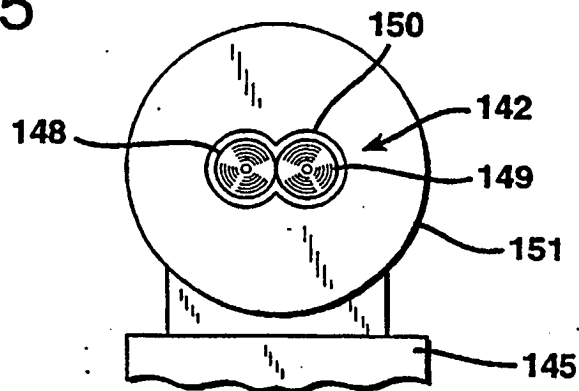


FIG. 7

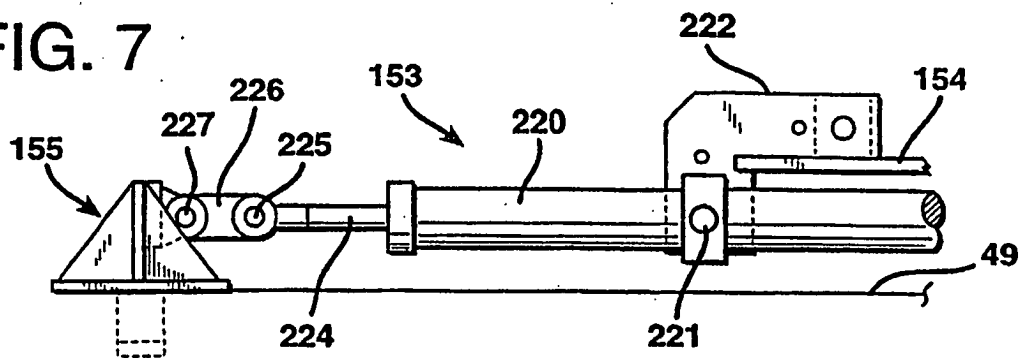
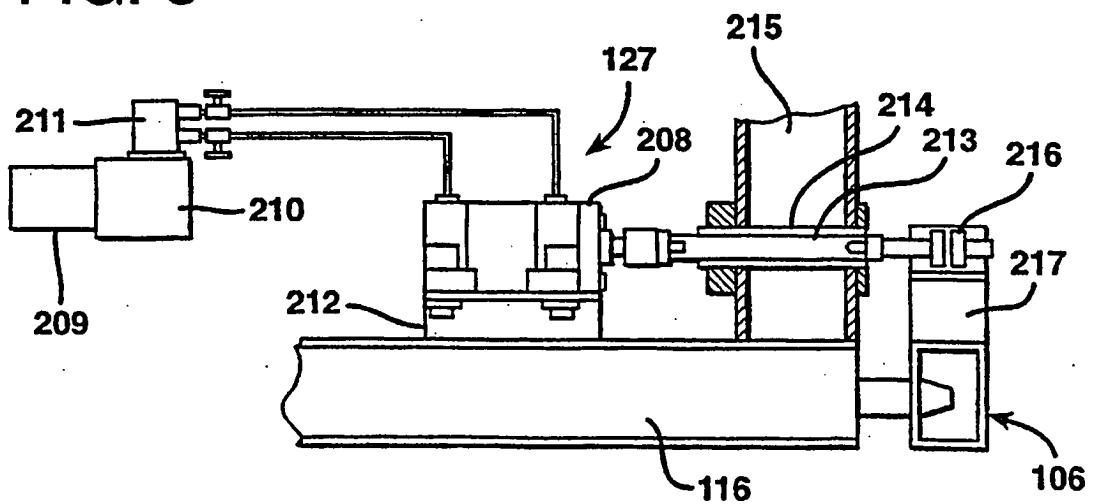


FIG. 8



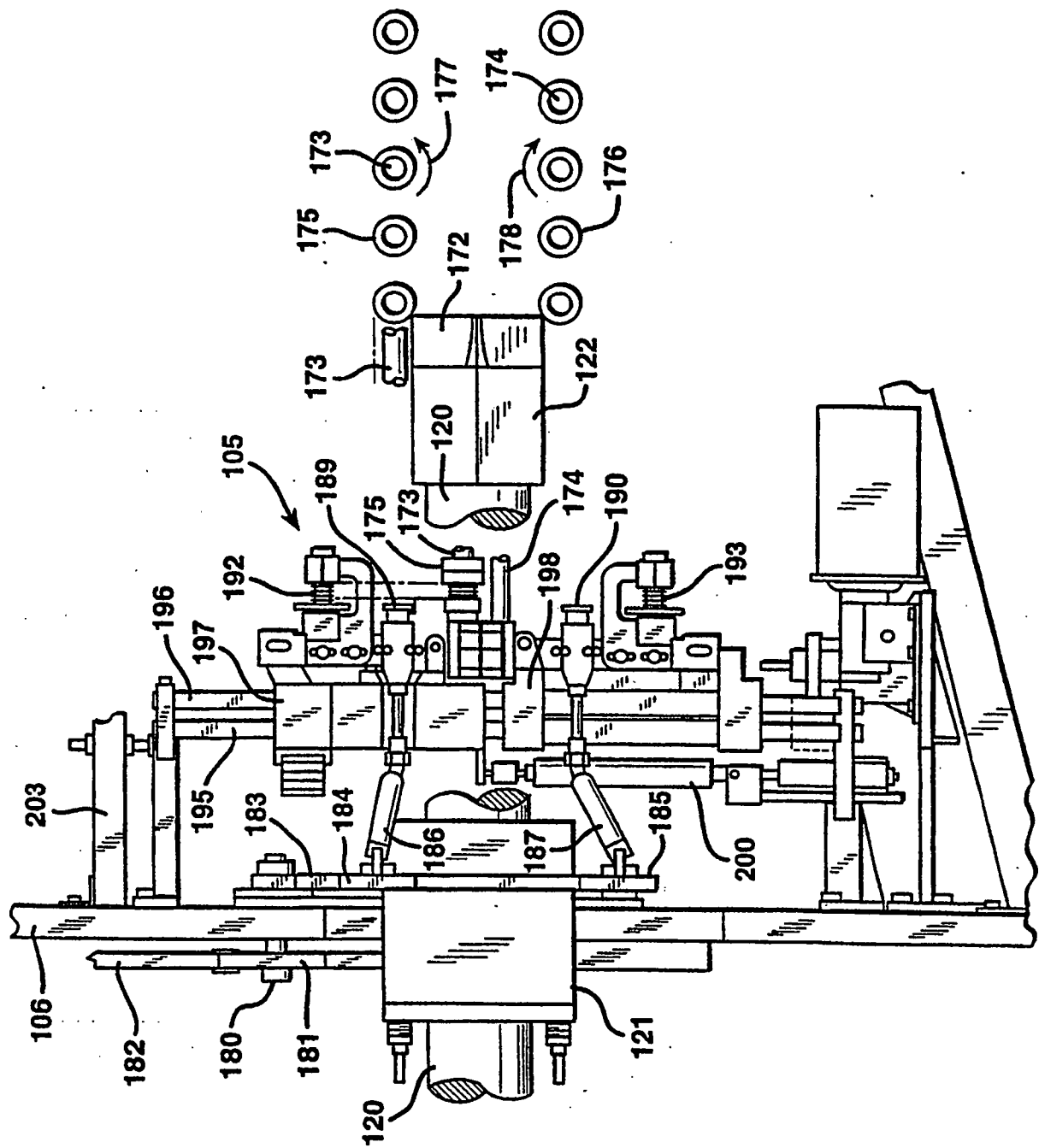


FIG. 6

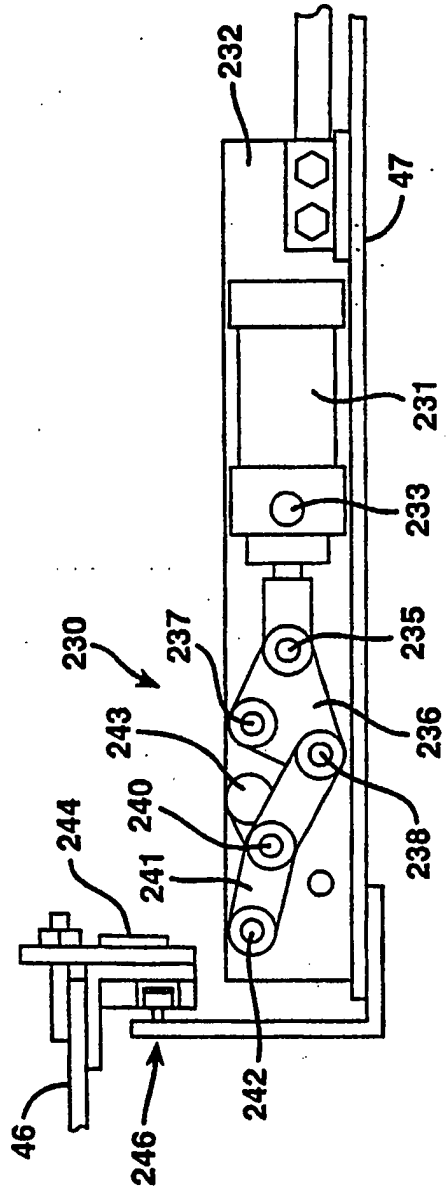


FIG. 9

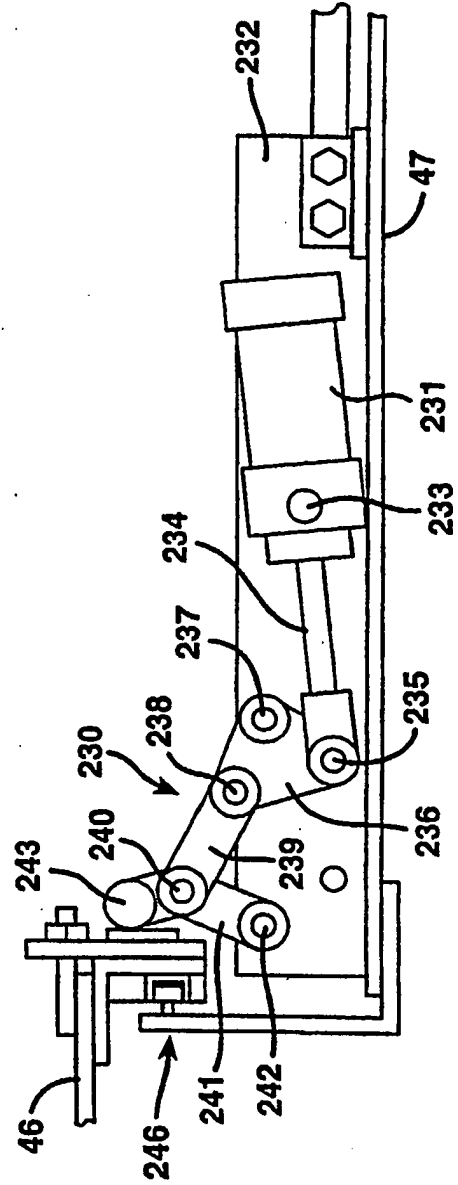


FIG. 10



FIG. 11

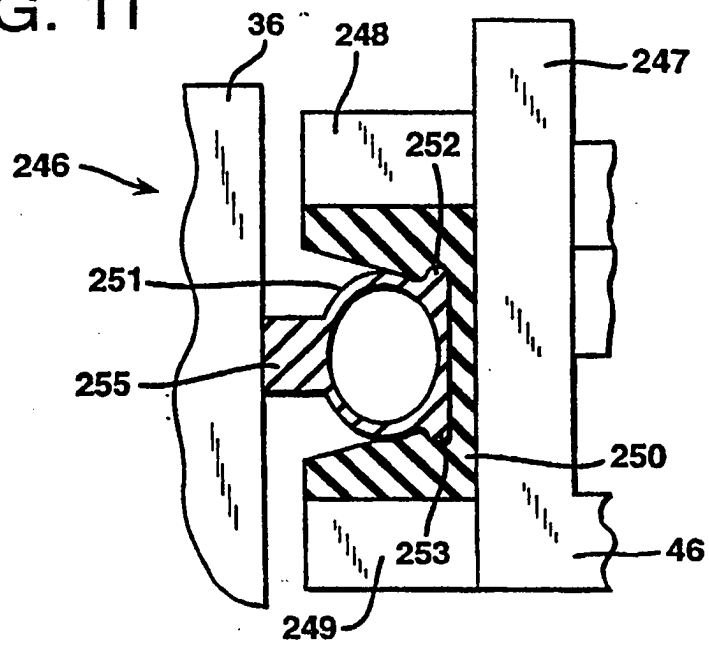
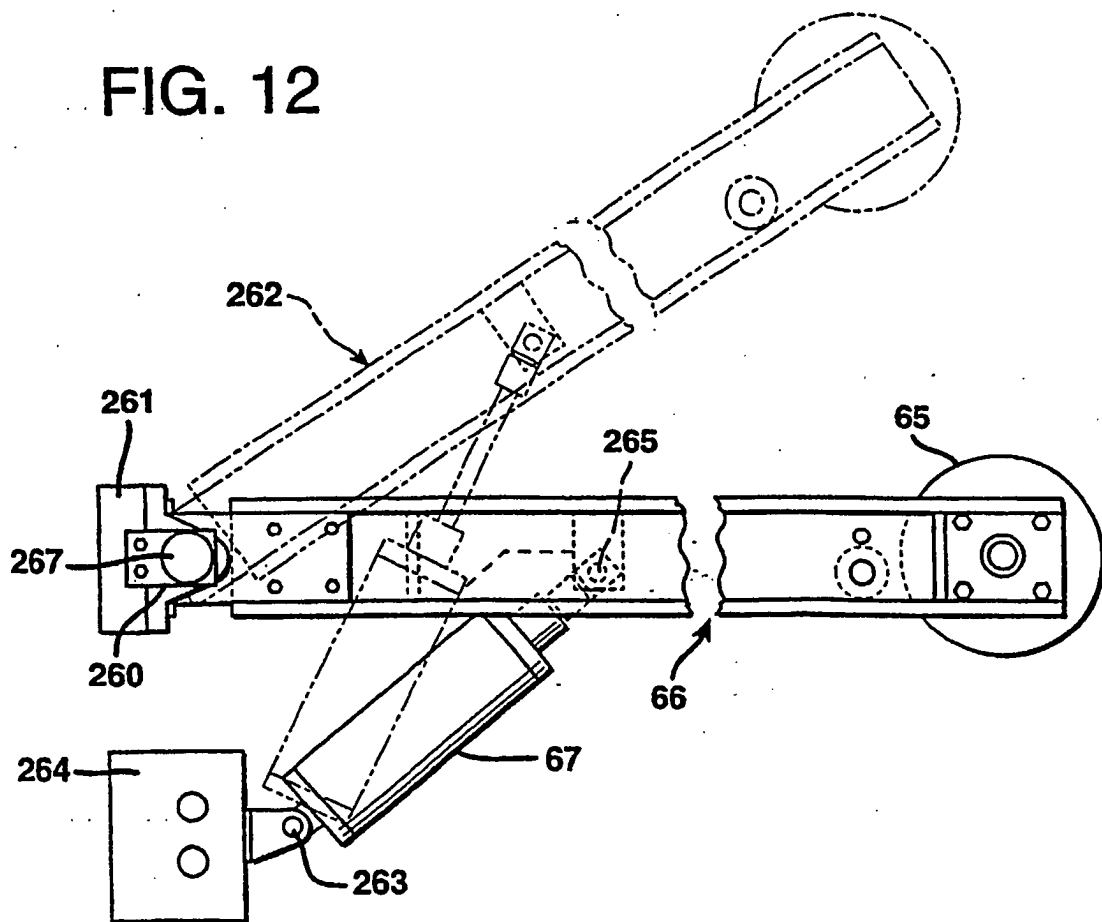


FIG. 12



**FIG. 13**

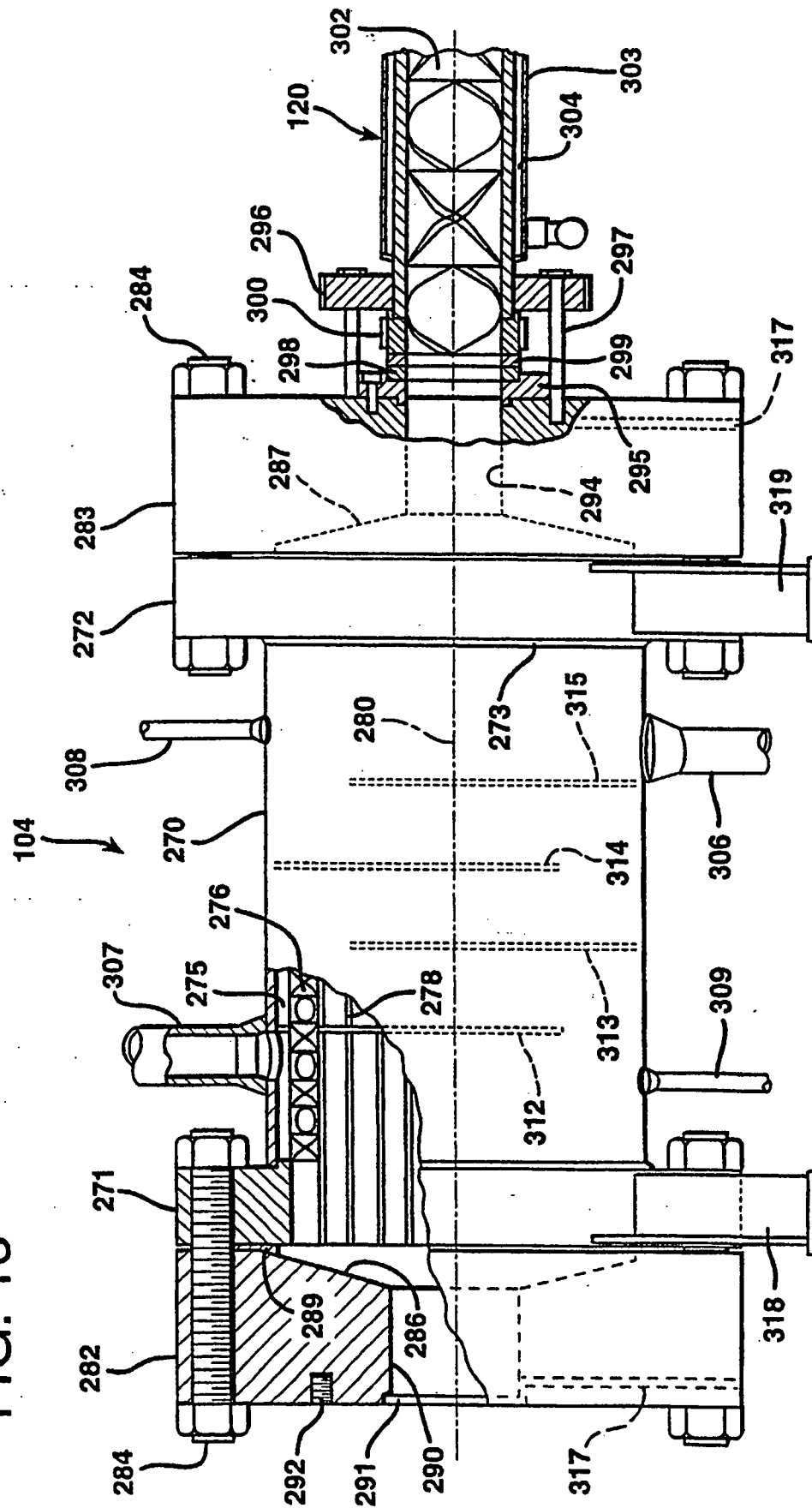


FIG. 14

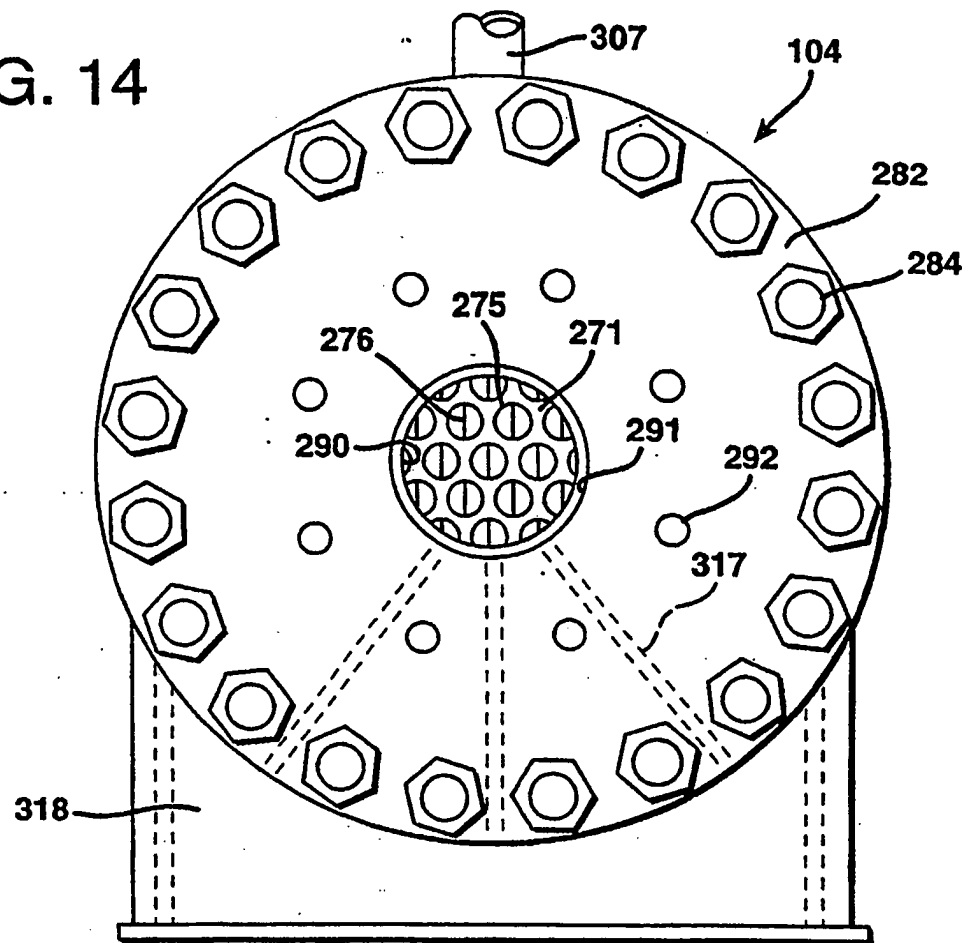
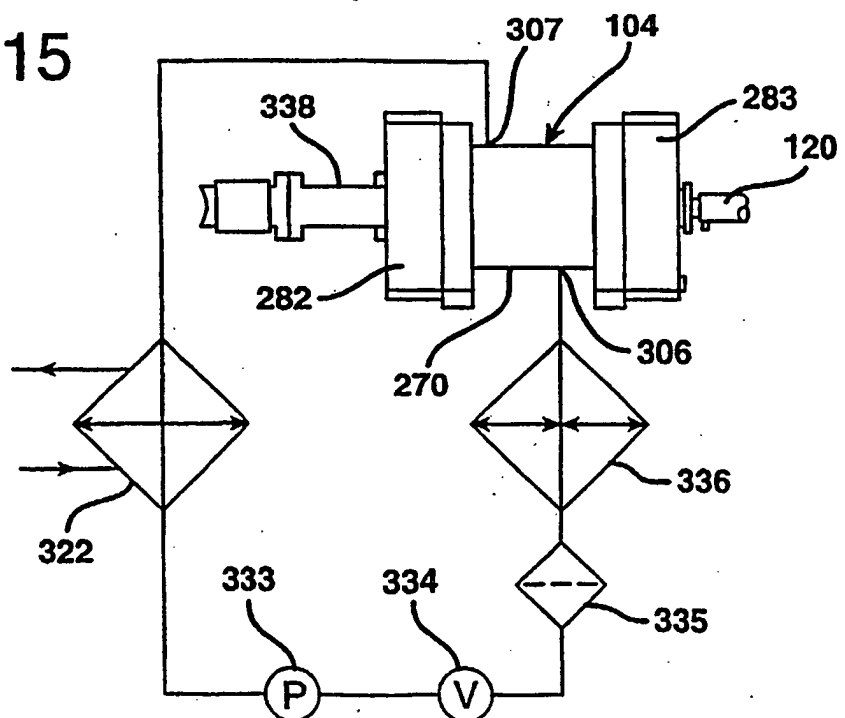


FIG. 15



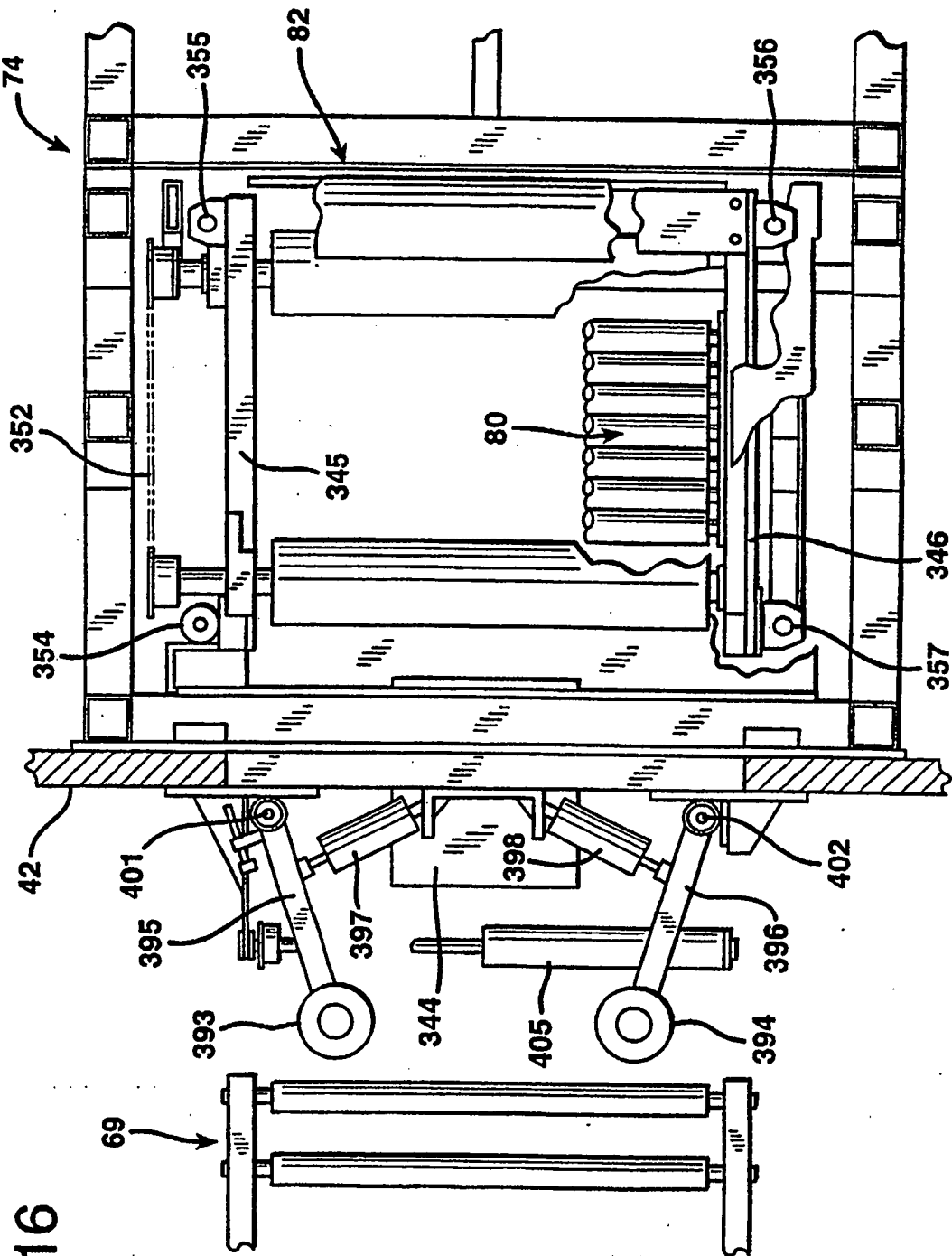


FIG. 16

FIG. 17

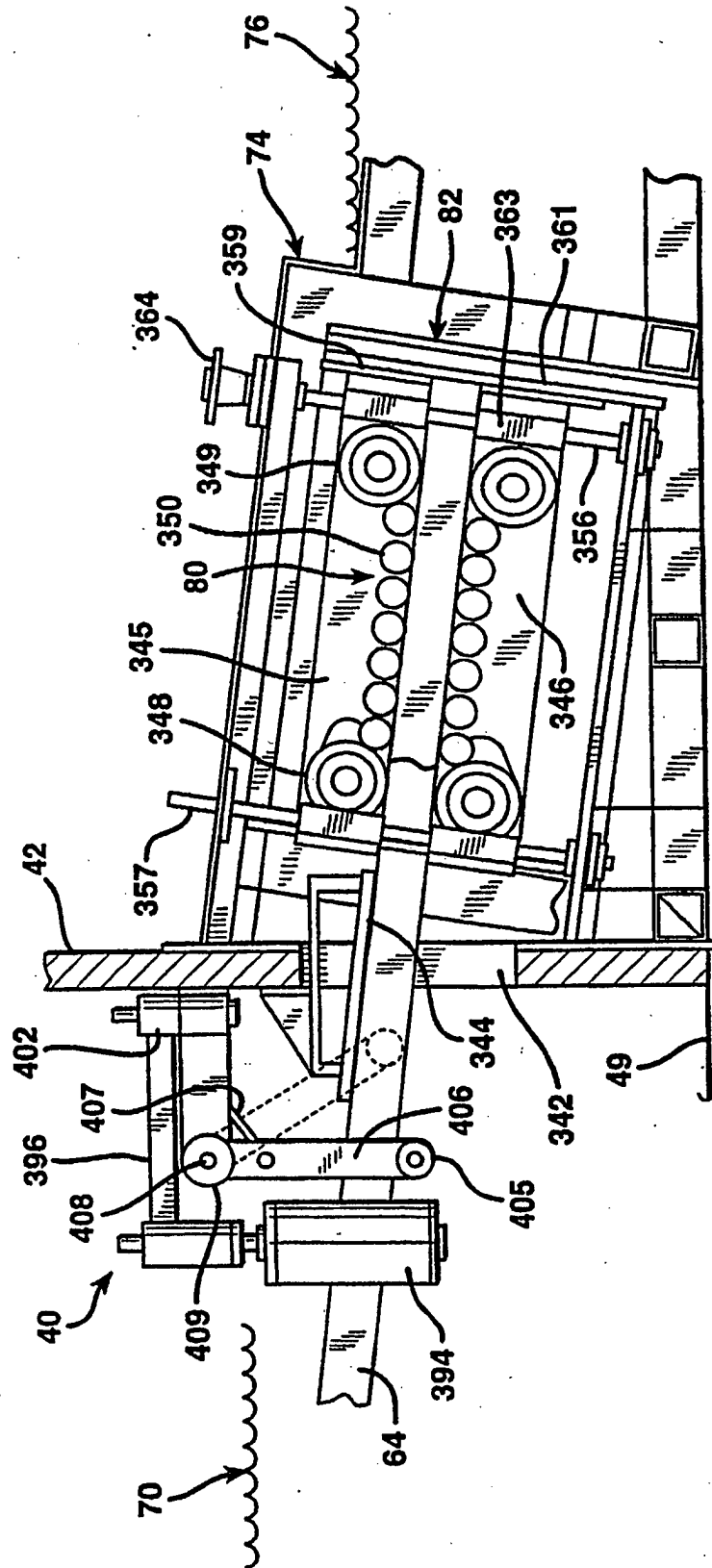
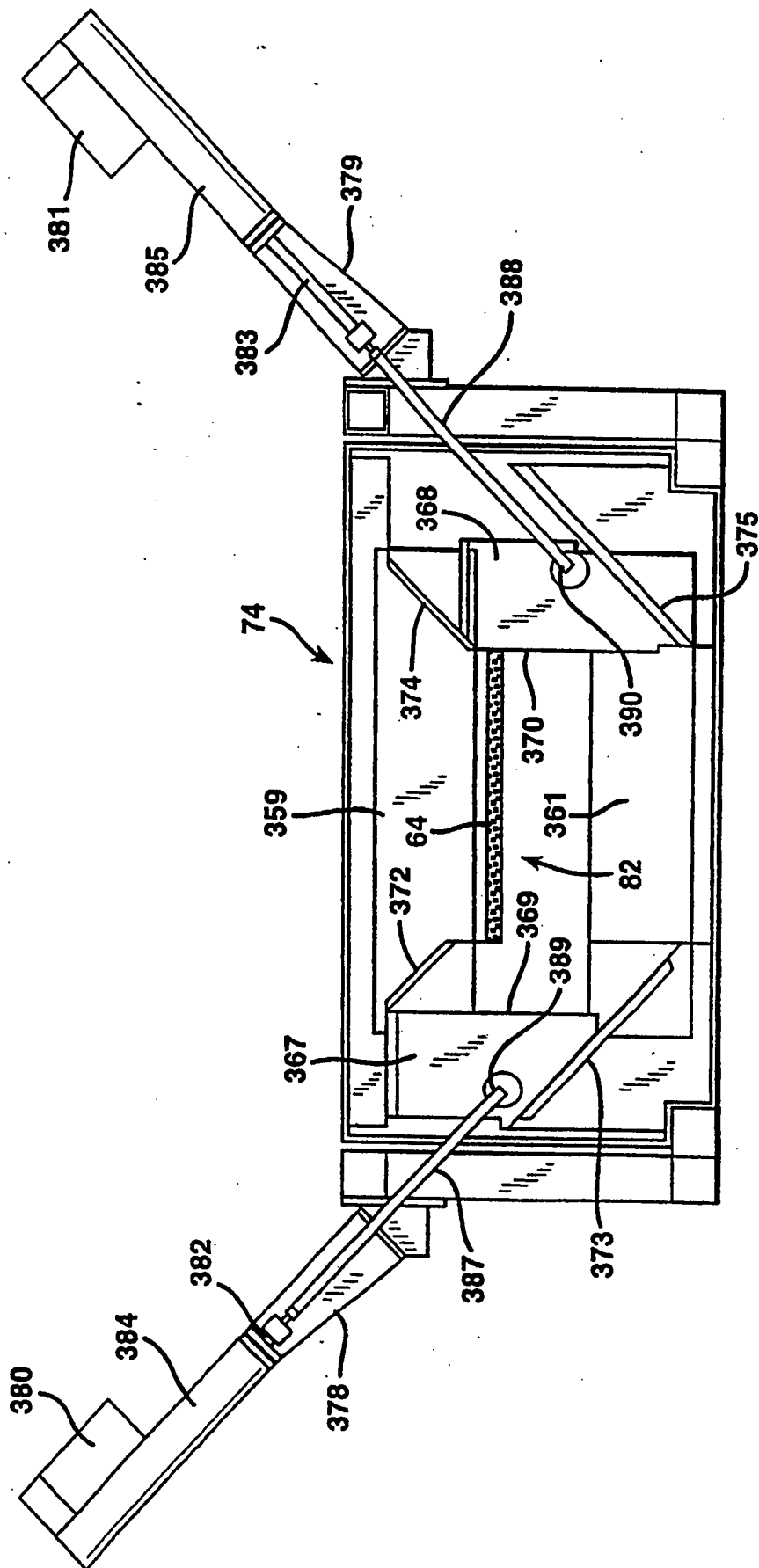


FIG. 18



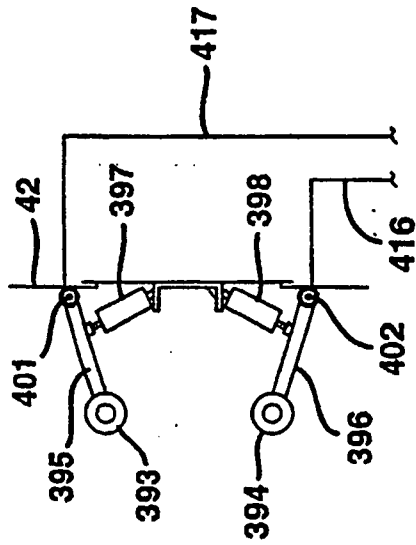


FIG. 20

FIG. 19

