



(19) Republik  
Österreich  
Patentamt

(11) Nummer: AT 400 355 B

(12)

# PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 119/90

(51) Int.Cl.<sup>6</sup> : F16L 58/10  
F16L 55/165

(22) Anmeldetag: 19. 1.1990

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 4.1995

(45) Ausgabetag: 27.12.1995

(30) Priorität:

19. 1.1989 US 298754 beansprucht.

(56) Entgegenhaltungen:

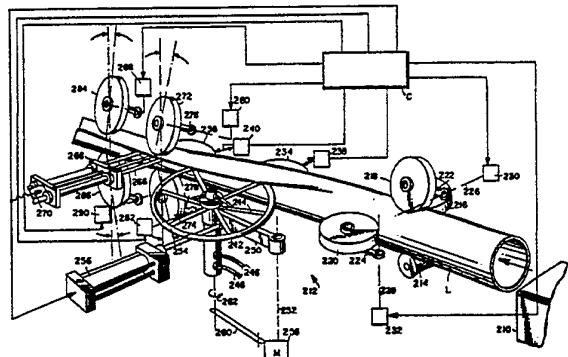
AT 374901B DE 3519439A

(73) Patentinhaber:

PIPE LINERS, INC.  
70002 METAIRIE (US).

## (54) VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER ROHRAUSKLEIDUNG

(57) Es wird ein Verfahren zum Herstellen einer verformten Rohrauskleidung (L) und zum Anbringen der Rohrauskleidung (L) in einem Rohr sowie ein neues und verbessertes Rohrzeugnis vorgeschlagen, wobei eine thermoplastische Auskleidung (L) anfänglich die Gestalt eines Zylinders aufweist, dessen Durchmesser etwas größer ist als der Innendurchmesser des Rohres. Die Auskleidung (L) wird bei erhöhter Temperatur vorübergehend zu einer anderen Querschnittsgestalt verformt, vorzugsweise U-förmig, um die Überalles-Dimension des Querschnittes zu verringern, um das Einführen in das auszukleidende Rohr zu erleichtern. Die Verformung geht mit einer im wesentlichen vergleichbaren Längung der Rohrauskleidung (L) entlang seiner gegenüberliegenden Seiten einher und beugt dadurch Veränderungen der Wandstärke und Spannungen im Rohr vor. Nach dem Einführen wird die Auskleidung (L) unter Druck gesetzt und zunächst auf eine unterhalb ihrer Kristallisationstemperatur liegende Temperatur wieder erwärmt, um ein Runden der Auskleidung (L) im Rohr herbeizuführen, und dann weiter unter Druck gesetzt und auf eine zweite Temperatur erwärmt, die höher ist als die Kristallisations temperatur, um die Wiederherstellung der ursprünglichen runden Gestalt der Auskleidung (L) zu bewirken.



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum in situ Einbauen einer langgestreckten, hohlen, thermoplastischen Auskleidung in ein sich annähernd in horizontaler Richtung erstreckendes, zylindrisches Rohr, wobei die Auskleidung aus einem thermoplastischen Material besteht, welches bei einer Formgedächtnis-Aktivierungstemperatur ausgehend mit einem annähernd zylindrischen Querschnitt, dessen ursprünglicher Außen-durchmesser annähernd dem Innendurchmesser des auszukleidenden Rohres entspricht, auf eine verringerte Querschnittsabmessung geändert wird, damit die Auskleidung in das Rohr einbringbar wird und die Auskleidung bei geändertem Querschnitt eine vorbestimmte Wandstärke aufweist.

Bei schadhaft gewordenen oder beschädigten Rohren wird durch die Auskleidung die Fähigkeit des Mediumtransportes durch die Rohrleitung wiederhergestellt und es wird eine weitere innere Schädigung hintangehalten. Eine derartige Auskleidung für den Schutz der Innenseite von Rohren geht aus der FR-PS-81 07346 vom 13. April 1981 hervor.

Der AT-PS 374 901 ist ein Verfahren zur Kunststoffauskleidung von Rohrleitungen, Durchlässen od. dgl. zu entnehmen, wobei eine extrudierte Kunststoffauskleidung verformt wird und in diesem verformten Zustand mit Hilfe wenigstens eines Halteorgans lösbar gehalten ist und so in die auszukleidende Rohrleitung eingeführt wird. Nach dem Einführen wird das Halteorgan gelöst, wodurch die Auskleidung in ihre ursprüngliche Form zurückkehrt. Das Halteorgan kann hiebei beispielsweise von einer um die verformte Auskleidung angeordneten Hülse gebildet sein, welche nach Einbringen der Auskleidung in das auszukleidende Rohr aufgerissen wird oder mit Hilfe eines Schmelzdrahtes durchtrennt wird, worauf die Auskleidung automatisch in ihre ursprüngliche und im wesentlichen zylindrische Form zurückkehrt.

Der DE-OS 35 19 439 ist ein abgewandeltes Verfahren zum Auskleiden von Kanälen zu entnehmen, wobei eine ebenfalls extrudierte und verformte Auskleidung in eine auszukleidende Leitung eingebracht wird und nach korrekter Positionierung durch Erhitzen auf ihre ursprüngliche Form rückgeführt wird.

Allgemeine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Schaffung eines Verfahrens zum Herstellen eines verformten Rohrerzeugnisses, das sich für Rohrauskleidungen eignet, sowie eines Verfahrens zum Einbauen der Rohrauskleidung in das Rohr und ein Rohrauskleidungserzeugnis.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist das erfindungsgemäße Verfahren gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:

- a) Einziehen der Auskleidung mit verringertem Querschnitt in das Rohr, bis sich diese über die entgegengesetzten Enden des Rohres hinaus erstreckt, wobei das thermoplastische Auskleidungsmaterial insbesondere von einer nicht quervernetzten Polyethylenverbindung hoher Dichte gebildet wird,
- b) Abdichten der Endabschnitte der Auskleidung über die entgegengesetzten Enden der Rohre zur Abdichtung des Inneren der Auskleidung an ihren entgegengesetzten Enden,
- c) nach dem Abdichten der Auskleidung und während der Dichthaltung erfolgt eine Anpassung der Auskleidung an die Innenwand des Rohres, während annähernd die ursprüngliche vorbestimmte Wandstärke aufrecht erhalten wird durch:
  - 1) das an sich bekannte Einbringen eines erwärmten Fluids in und durch die abgedichtete Auskleidung;
  - 2) die Anwendung eines vorbestimmten ersten Druckes über Atmosphärendruck mit Hilfe des erwärmten Fluids im Inneren der Auskleidung; und
  - 3) das Erwärmen der Auskleidung auf eine vorbestimmte Temperatur durch Wärmeübergang von dem erwärmten Fluid auf die Auskleidung, wobei die Auskleidung annähernd zur gespeicherten zylindrischen Querschnittsform zurückkehrt;
- d) die Erhöhung des Druckes in der Auskleidung auf einen zweiten vorbestimmten Druck oberhalb des ersten vorbestimmten Druckes vorgenommen wird, um die Auskleidung annähernd an die Oberflächenkonturen der Innenwand des Rohres anzupassen; und
- e) das Einführen eines Kühlfluids in die noch erwärmte Auskleidung, um diese in ihrer endgültigen, an die Innenseite Rohres angepaßte Form zu fixieren.

Wenn am anderen Ende des Rohres Sammelrohre angeschlossen sind und die Enden der Auskleidung mechanisch ausgebreitet wurden, um das Ausbreiten der Auskleidung einzuleiten, und die Abdichtung erfolgt ist, kann mit dem Verfahren zum Wiederherstellen der runden Gestalt der Auskleidung gemäß der vorliegenden Erfindung vorgegangen werden. Vorzugsweise wird die Rohrauskleidung zunächst mit Dampf mit einer oberhalb der Kristallisationsschmelztemperatur des Kunststoffmaterials liegenden Temperatur behandelt, wobei die Temperatur des Dampfes 116 °C für HDPE beträgt und der Druck 70 kPa über dem Atmosphärendruck liegt. Diese Werte von Temperatur und Druck des Dampfes werden während einer vorbestimmten Zeit aufrechterhalten, um die Auskleidung anfänglich aufzublasen bzw. die runde Gestalt der verformten, allgemein U-förmigen Auskleidung wiederherzustellen. Die mittlere Temperatur des Kunststoffmaterials der Rohrauskleidung bleibt allerdings während dieser Wiederherstellung der Gestalt unterhalb der Kristallisationstemperatur. Durch das Wiederherstellen der ursprünglichen Gestalt der Rohrauskleidung bei

einer unterhalb der Kristallisationsschmelztemperatur liegenden mittleren Temperatur wird eine Längung des Kunststoffmaterials in Umfangsrichtung in Abschnitten der Auskleidung, die radial einwärts ragen und nicht an der Rohrwandung anliegen, vermieden. Kurz gesagt, Temperatur und Druck in dieser ersten Stufe der Wiederherstellung der Auskleidung werden auf solchen Werten gehalten, daß die Auskleidung annähernd rund wird.

- Nach einer vorbestimmten Zeitspanne wird die Dampftemperatur beispielsweise auf einen Wert von etwa 126 °C bis 130 °C erhöht, um den Mittelwert der Temperatur im Kunststoffmaterial auf die Kristallisationstemperatur dieses Materials oder etwas darüber anzuheben. Ebenso wird der Druck erhöht und auf etwa 175 kPa über dem Atmosphärendruck gehalten, u.zw. in Abhängigkeit von der Wandstärke und den Umgebungsbedingungen. Wenn die mit einem am Dampfeinführungsende des Rohres angeordneten Thermoelementes gemessene Temperatur der Auskleidung die gewünschte, oberhalb der Kristallisationstemperatur liegende Temperatur erreicht hat und die am anderen Ende der Auskleidung mit einem zweiten Thermoelement gemessene Temperatur einen vorbestimmten Bruchteil, nämlich etwa 70 %, der Temperatur des Kunststoffmaterials am ersten Ende erreicht, wird mit dem Abkühlen begonnen. Es wurde festgestellt, daß, nachdem ein vorbestimmter Anteil der Masse des Kunststoffmaterials die Kristallisationsschmelztemperatur erreicht, das Formgedächtnis des Kunststoffmaterials für die U-Form überwiegend gelöscht ist und das Gedächtnis des Materials für seine ursprüngliche runde Gestalt wiederkehrt, wodurch sich die Auskleidung an die Innenwandung des Rohres anlegt. Wenn somit die Thermoelemente diese Temperaturen erreichen, erzeugt der Computer ein Signal, und schaltet die Dampfzuführung ab und es wird mit dem Einblasen von Luft in die Auskleidung begonnen. Der erhöhte Druck wird aber während der Abkühlungsperiode noch aufrechterhalten, u.zw. auf etwa 175 kPa über dem Atmosphärendruck. Die Luft kühlst die Rohrauskleidung auf eine dritte vorbestimmte Temperatur von annähernd 93 °C ab, zu welchem Zeitpunkt dann Wasser in die Rohrauskleidung eingespritzt wird, um den Abkühlungsvorgang zu beenden. Der Druck wird nach wie vor auf dem erhöhten Wert von 175 kPa über dem Atmosphärendruck aufrechterhalten, bis die Rohrauskleidung eine Temperatur annimmt, die ein vorbestimmter Bruchteil der Umgebungstemperatur ist, zu welchem Zeitpunkt die Abkühlungsperiode abgeschlossen wird. Temperatur und Druck werden bei der Abkühlung auf solchen Werten gehalten, daß die Kunststoffmaterialien nicht schrumpfen und ihren chemischen Zustand nicht ändern.

- Bei einer Ausführungsform ist eine langgestreckte, hohle Rohrauskleidung mit einer Querschnittsgestalt in allgemeiner Form eines U vorgesehen und aus einer Mischung von Polyethylen hoher Dichte und Polyethylen geringer linearer Dichte zusammengesetzt. Eine Vorrichtung zum Herstellen einer verformten Rohrauskleidung aus einem Rohr mit einer Längsachse aus Kunststoffmaterial geschaffen, kann umfassen: wenigstens eine drehbare Stützrolle auf einer Achse, die parallel zu einer Achse von und gegenüberliegend zu wenigstens einer drehbaren Rohrauskleidungs-Verformungsrolle angeordnet ist, wobei der Umfang der Stützrolle allgemein in einer Symmetrieebene ausgerichtet ist und an einem Stützbereich des Rohres angreifen kann. Der Umfang der Verformungsrolle ist allgemein in der Symmetrieebene ausgerichtet, so daß beim Durchgang des rohrförmigen Querschnittes zwischen Stützrolle und Verformungsrolle ein verformbarer Abschnitt des rohrförmigen Querschnittes allgemein in Durchmesserrichtung gegen den Stützbereich annähernd entlang der Symmetrieebene eingedrückt wird, so daß gegenüberliegende Seiten des rohrförmigen Querschnittes eine doppelwandige Struktur bilden, wobei eine Falte davon in der Nähe des gegenüberliegenden Stützbereiches des rohrförmigen Querschnittes zu liegen kommt, wodurch die Querschnittsgestalt des rohrförmigen Querschnittes geändert und verkleinert wird. Dabei sind Einrichtungen zum Ablenken eines Abschnittes des Rohres gegenüber seinem verformbaren Abschnitt einwärts gegen die Rohrachse und allgemein seiner Symmetrieebene vorgesehen, so daß die abgelenkten und verformten Abschnitte des Rohres gleiche Auslenkungen haben.

- Nach einer anderen Ausführungsform ist eine Vorrichtung zum mechanischen Rückformen eines Ende eines Rohres mit allgemein U-förmigem Querschnitt in eine allgemein zylindrische Gestalt vorgesehen, umfassend: einen Werkzeugkörper von allgemein kegelstumpfförmiger Gestalt, eine allgemein konkave Ausnehmung in dem Körper, die sich von einer Seite des kleineren Endes des kegelstumpfförmigen Körpers bogentörmig zur gegenüberliegenden Seite und zum gegenüberliegenden Ende des Körpers erstreckt, definierende Teile und ein Paar seitlich voneinander beabstandete Stangen, die sich entlang gegenüberliegenden Seiten des Körpers zum Einführen in die Schenkel des U-förmigen Rohres erstrecken.

- Ein Verfahren zum Herstellen eines rohrförmigen Rohrauskleidungserzeugnisses umfaßt einen ersten Schritt zum Extrudieren eines Rohres mit rohrförmigem Querschnitt und einen zweiten Schritt zum Verformen des extrudierten Rohres in eine Gestalt mit verringerten Querschnitt zum Zwecke des Einführens in ein Rohr als Auskleidung hiefür. Ein Merkmal dieses Herstellungsverfahrens des Rohrerzeugnisses und dessen Einsetzen als Rohrauskleidung liegt in der Verwendung eines thermoplastischen Materials sowie Steuerung seiner Temperatur und seines Druckes in den aufeinanderfolgenden Schritten der Bildung

während seiner Verformung und während der Rückkehr auf Umgebungsbedingungen beim Einsetzen in das Rohr. In der Praxis hat die Gestalt der Auskleidung vor der Verformung einen Außendurchmesser, der gleich groß wie oder vorzugsweise etwas größer als der Innendurchmesser des zu schützenden Rohres ist, so daß die Auskleidung entweder spannungsfrei oder vorzugsweise unter geringer Druckspannung in 5 Umfangsrichtung vorliegt; im Zusammenhang mit dem umgebenden Rohr und der Stützung seines Aufbaus kann von der Kunststoffauskleidung jeder der beiden Zustände eingenommen werden.

Weiters wird darauf abgezielt, ein ursprünglich mit rohrförmigem Querschnitt hergestelltes Strangpreßprodukt ohne schädliche Einflüsse auf seinen Aufbau und Zusammenhang in solcher Weise zu formen, daß sein 10 ursprünglich extrudierter rohrförmiger Querschnitt wiederhergestellt werden kann. Zu diesem Zweck wird mit gesteuerter Erwärmung gearbeitet, um nach dem Extrusionsvorgang einen erweichten Zustand des thermoplastischen Materials zu erhalten, während gleichzeitig Verformungswerzeuge zur Wirkung gebracht werden, um die Querschnittsgestalt zu verkleinern. Sobald die gewünschte Reduktion erreicht ist, wird Wärme abgeführt und das fortlaufende fertige Erzeugnis wird für Lagerung, Transport sowie nachfolgende Installation und Wiederherstellung der ursprünglichen Rohrform auf eine Rolle aufgewickelt.

15 Wenngleich eine U-förmig verkleinerte Rohrform im einzelnen dargestellt und beschrieben ist, wird es klar sein, daß andere Querschnittsformen, wie beispielsweise H, X ebenfalls Anwendung finden können. Die annähernd U-förmige Gestalt der Auskleidung, welche auch die V-Form umfaßt, wird gegenwärtig als praktischste und bevorzugte Gestalt für ein derartiges Rohrzeugnis angesehen.

Es erfolgt die Verformung des ursprünglichen stranggepreßten Rohres, welches vorzugsweise zylindrische 20 Gestalt aufweist, stufenlos durch Formwerkzeuge. Zu diesem Zweck wird wenigstens eine Seite des rohrförmigen Strangpreßproduktes zunehmend eingedrückt, um das rohrförmige Erzeugnis für das seitliche Einfallen zu einer Gestalt mit verringertem, annähernd U-förmigen Querschnitt und achssymmetrischer Gestalt vorzubereiten, wobei die Symmetrieachse die Längsachse des vorher runden Körpers schneidet; auf diese Weise entsteht ein verformtes Rohr. Wie vorher erwähnt, wird diese Verformung bei gesteuerter 25 Erwärmung deutlich unter der Fließgrenze des thermoplastischen Materials und in solcher Weise ausgeführt, daß der Kunststoff ohne Beeinträchtigung seines mechanischen Zusammenhangs und seiner chemischen Natur verformt wird, u.zw. sowohl in seinem verformten Zustand als auch in seiner danach wiederherstellten Ausgangsform.

Das vorgestellte Erzeugnis ist eine Rohrauskleidung aus thermoplastischem Material, deren 30 ursprünglich extrudierter runder Querschnitt verringert wurde, so daß sie in einfacher Weise in ein Rohr eingezogen und danach ihr ursprünglicher extrudierter Querschnitt wiederhergestellt werden kann. Unter der Annahme, daß ein auszukleidendes Rohr einen runden Querschnitt aufweist, ist der Außendurchmesser des ursprünglich extrudierten Auskleidungsrohres gleich groß oder vorzugsweise etwas größer als wie der Innendurchmesser des aufnehmenden Rohres, so daß die Außenfläche der Auskleidung in innige Berührung mit der 35 Innenseite des Rohres gelangt und vorzugsweise in Umfangsrichtung unter leichten Druck gesetzt wird. Die innige Flächenberührung zwischen Auskleidung und Rohr schaltet jeglichen Ringraum zwischen den beiden Teilen aus und es braucht daher auch kein solcher Ringraum ausgefüllt zu werden. Ein Merkmal dieser Auskleidung ist ihre dünnwandige Ausbildung aus einem thermoplastischen Material, wie insbesondere Polyethylen, Polyamid, Polytetrafluorethylen oder ABS, wobei der geringfügige Verlust an Innendurchmesser 40 des Durchflußquerschnittes bei weitem durch den außergewöhnlich günstigen Strömungskoeffizienten innerhalb der Auskleidung aus einem derartigen thermoplastischen Material ausgeglichen wird. Bei neu geplanten Rohrfernleitungen lassen sich teure Rohrmaterialien, wie rostfreie Legierungen, durch gewöhnliche Stahlrohre ersetzen, die mit der erfindungsgemäßen Auskleidung versehen sind, wodurch sich eine beträchtliche Kostenersparnis ergibt und hinsichtlich der Beständigkeit des Materials gegen die Strömungsmedien 45 der am besten geeignete Kunststoff ausgewählt werden kann. Somit brauchen Rohrleitungen, die mechanisch in Ordnung sind, nicht ersetzt zu werden, weil die Auskleidung eingesetzt und ausgetauscht werden kann, wie dies die jeweiligen Umstände erfordern.

Das Verfahren zum Herstellen der Auskleidung bietet in einer Hinsicht Verbesserungen gegenüber den bekannten Verfahren und Vorrichtungen und bieten Vorteile gegenüber den Vorrichtungen und Verfahren 50 zum Verformen der thermoplastischen Rohre nach dem Extrudieren derselben mit rohrförmigem Querschnitt.

Im Zusammenhang mit den bekannten Verfahren und Vorrichtungen zum Verformen der Auskleidung wurde gefunden, daß eine Verlängerung in axialer Richtung an jener Seite des verformten Rohres auftritt, an welcher die Schenkel des annähernd U-förmigen Querschnittes ausgebildet werden. Dies steht im Gegen- 55 satz zum Ausbleiben einer Verlängerung der Seite des Rohres, welche nicht zu viel verformt wird, d.h. die Außenwand oder Basis des U-förmigen Rohres. Die unterschiedliche Dehnung an diesen einander gegenüberliegenden Seiten des Rohres gibt beim Wiederherstellen der allgemein rohrförmigen Gestalt Anlaß zu einem Mangel an Gleichförmigkeit der Wandstärke sowie zur Ausbildung von Spannungen über den

Umfang des Rohres. Bei Auskleidungsrohren mit einem Durchmesser von etwa 200 mm oder weniger verursacht diese unterschiedliche Längung keine besonderen Probleme, weil dabei die Rohrauskleidung innerhalb der Herstellungstoleranzen und der zulässigen Spannungen bleibt. Dagegen können bei Auskleidungsrohren mit einem größeren Durchmesser als etwa 200 mm die Unterschiede der Wandstärke und die Spannungen der gestaltmäßig wiederhergestellten Rohrauskleidung außerhalb dieser zulässigen Toleranzen und Spannungen liegen. Dieses Problem wird noch verschärft, wenn eine Reihe von Verformungsrollen große gekrümmte Oberflächen zum Bewirken der Verformung zu der U-förmigen Gestalt der Rohrauskleidung eingesetzt wird. Dabei sind die Umfangsgeschwindigkeiten an den auf großen Radien und auf kleinen Radien liegenden Stellen der Rollen sehr unterschiedlich und ihr Zusammenwirken mit dem Rohrmaterial verursacht daher unter dem Einfluß der Reibung zwischen Rolle und Rohr ein Fließen des Materials. Dieses Fließen des Materials, insbesondere bei Rohrauskleidungen für Rohre größeren Durchmessers, d.h. größer als etwa 200 mm, bewirkt die Ausbildung von Wänden mit unterschiedlichen Spannungen und unterschiedlicher Wandstärke an verschiedenen Stellen des Umfanges.

Um dieses Problem klein zu halten oder auszuschalten, wird gemäß der Erfindung das Rohr an der gefalteten oder verformten Seite gegenüberliegenden Seite gedehnt, um eine gleichförmige Längung des Rohres an seinen einander gegenüberliegenden Seiten zu bewirken. Ein Verfahren zum Erzielen dieser zusätzlichen Längung besteht darin, daß eine der Stützrollen in Richtung zur Achse des Rohres verlagert wird, d.h. zu einer Verformungsrolle, um an dieser Seite des Rohres eine Längung hervorzurufen, die mit der Längung der gegenüberliegenden verformten Seite der Rohrauskleidung vergleichbar ist. Auf diese Weise werden die resultierende Wandstärke und die Spannungen rund um die Wand annähernd gleichförmig, wenn das Rohr verformt und dann zum Gebrauch die ursprüngliche rohrförmige Gestalt wiederhergestellt wird. Daher wird bei der Herstellung der Rohrauskleidungen eine Stützrolle eingesetzt, die zur Rohrachse hin und von dieser weg bewegbar ist, um an dieser Seite des Rohres eine Längung hervorzurufen. Für Rohrauskleidungen zum Auskleiden von Rohren mit einem Durchmesser von etwa 200 mm oder weniger bringt diese Lösung die Wandstärke- und Spannungs-Toleranzen näher an annehmbare Normen heran. Bei Auskleidungsrohren mit größeren Durchmessern bleibt aber das Problem des Hervorrufens eines Fließens des Kunststoffmaterials bei der Verformung bestehen.

Es wird auch ein Verfahren zum Verformen eines Auskleidungsrohres zum Auskleiden von Rohren mit großen Durchmesser, d.h. mehr als 200 mm, geschaffen, wobei rund um den Umfang des Rohres annähernd gleiche Spannungen und Längungen hervorgerufen werden, um eine gleichförmige Wandstärke und gleichförmige Spannungsverteilung im verformten Rohr zu erhalten. Dieses Verfahren kann zum Verformen von Rohrauskleidungen für Rohre mit einem Durchmesser von 200 mm oder weniger eingesetzt werden, weil durch diese Maßnahmen Wandstärke und Spannungen, die ansonsten Probleme bei größeren Rohrdurchmessern verursachen, rund um die Auskleidung ausgeglichen werden können, die Erfindung wird vorzugsweise aber vor allem für Rohre mit größerem Durchmesser eingesetzt. Die Rohrauskleidungsvorrichtung kann insbesondere ein Paar ortsfest angeordnete Positionierrollen aufweisen, die für die Aufnahme des rohrförmigen Rohres vom Extruder um 90° gegeneinander versetzt angeordnet sind. Gegenüber den ortsfest gelagerten Rollen ist ein Paar einstellbarer Positionierrollen angeordnet. Die einstellbaren Positionierrollen sind um zueinander senkrecht stehende Achsen schwenkbar angeordnet und es sind Sensoren zum Abfühlen der Winkelstellung jeder der einstellbaren Positionierrollen vorgesehen, welche in Abhängigkeit davon ein Signal für einen Computer aufweisende Steuerung liefern.

In Bewegungsrichtung nach den Positionierrollen ist an einer Seite des Rohres ein Verformungsrad oder eine Verformungsrolle mit Motorantrieb auf einer zur Rohrlängsachse normalen Achse angeordnet, so daß das Rad oder die Rolle um diese Achse mit einem vorzugsweise hydraulischen Stellzylinder zum Rohr hin oder von diesem weg bewegbar ist. Die Rolle hat einen hohlen Rand zur Aufnahme eines Heizmediums. An der anderen Seite des Rohres allgemein gegenüber der Verformungsrolle ist eine Stützrolle zur Rohrachse hin und von dieser weg bewegbar angeordnet. In Bewegungsrichtung nach den Verformungs- und Stützrollen ist eine mit einem Stellzylinder zum Rohr hin und von diesem weg bewegbare Schiene vorgesehen, die zwischen die Schenkel des verformten Rohres einführbar ist. Gegenüber der Schiene an der anderen Seite des Rohres ist eine Stützrolle zum Rohr hin und von diesem weg bewegbar angeordnet. Zusätzlich sind zwei Paare von Schließrollen in axialem Abstand voneinander und an die Schenkel des U-förmigen Rohres anlegbar vorgesehen, um das Rohr in seinem verformten Zustand zu halten.

In Betrieb wird das Rohr zwischen den Positionierrollen aufgenommen und sein Durchmesser wird von den Sensoren an den einstellbaren Positionierrollen festgestellt. Die Sensoren liefern ein Maß für den Durchmesser was als Signal an den Computer weitergeleitet wird. Die Computersignale steuern den Antriebsmechanismus für die Stützrollen, um diese für eine Längung der verformten Seite des Rohres gegenüberliegenden Seite einzustellen, so daß beim bearbeiteten Rohr die Längung nach der Verformung annähernd gleichförmig ist und folglich die Wandstärke und die Spannungen rund um das Rohr gleichförmig

mig sind. Die Dimension für den Rohrdurchmesser wird dem Computer eingegeben, der ein elektrisches Ausgangssignal für die Betätigung der Stellzylinder liefert, damit diese die Verformungsrolle in Abhängigkeit von der für die Rohrauskleidung eines bestimmten Durchmessers erforderlichen Verformung in eine vorbestimmte Stellung bezüglich des Rohres verschwenkt. Der hohle Rand des Rades wird mit durchfließendem heißen Wasser oder Öl auf eine Temperatur erwärmt, die der Temperatur des restlichen Umfanges des Rohres im Bereich seiner Verformung entspricht, damit die Schenkel des U-förmigen Rohres, sobald diese geformt sind, keine Neigung haben, sich voneinander zu entfernen. Die Masse von Kunststoffmaterial im Verformungsbereich soll auf einer Temperatur im Bereich von 93 bis 116 °C gehalten werden, d.h. sie soll etwa gleich der oder höher als die Kristallisationsschmelztemperatur des Materials der Auskleidung sein. Daher wird nach anfänglicher Erwärmung der Verformungsrolle die Rohrauskleidung durch Zusammenwirken der Verformungsrolle und der Stützrollen sowie in Verformungsrichtung folgender Rollen, die noch zu beschreiben sind, verformt. Während des Verformens wird das Rohr auf einer Temperatur etwa gleich der Kristallisationsschmelztemperatur oder darüber gehalten. Auf diese Weise behält das Rohr die verformte Gestalt bei, hat aber ein Formgedächtnis für seine runde Gestalt.

In Bewegungsrichtung nach der Verformungsrolle ist auch die Schiene entsprechend dem Durchmesser des Rohres positioniert und drückt in der Ebene der Symmetriearchse gegen die Faltung. Ein Satz von winkelig angeordneten Stützrollen liegt an den seitlichen doppelwandigen Abschnitten oder Flügeln an, welche die Schenkel der U-förmigen Auskleidung bilden, um diese Schenkel in einer teilweise geschlossenen Stellung an der Schiene zu halten. In Bewegungsrichtung nach der Schiene und dem ersten Satz von Stützrollen drückt ein zweiter Satz von Stützrollen gegen diese Seitenabschnitte, um die Seitenabschnitte in Berührung miteinander zu halten. Die Anstellung der Stützrollen gegen die Verformungsrolle entsprechend dem Durchmesser des zu verformenden Rohres ermöglicht eine vergleichbare Längung des Rohres an der verformten Seite gegenüberliegenden Seite, um die Gleichförmigkeit der Wandstärke und der Spannungen rund um den Umfang der Auskleidung aufrechtzuerhalten.

Es gibt bei Kunststoffmaterialien für die Bildung von Rohrauskleidungen einen Kristallisationsschmelzpunkt. Beispielsweise beträgt die Kristallisationsschmelztemperatur für Polyethylen hoher Dichte ca. 113 °C. Entsprechend diesen Angaben wird die Rohrauskleidung bei einer Temperatur gleich der oder etwas höher als die Kristallisationsschmelztemperatur verformt. Versuche des Verformens des Rohres bei einer zu weit oberhalb der Kristallisationsschmelztemperatur liegenden Temperatur können zu einem Verlust des Formgedächtnisses des für die Herstellung der Auskleidung verwendeten Materials, nämlich HDPE, führen, welches für die Rückkehr zur ursprünglichen zylindrischen Querschnittsform oder runden Gestalt führen soll. Eine Verformung der Rohrauskleidung bei einer niedrigeren Temperatur als dem Kristallisationsschmelzpunkt bringt eine Neigung des Rohres mit sich, von der verformten, allgemein U-förmigen Gestalt zur runden Gestalt zurückzukehren. Daher ist die Temperatursteuerung einigermaßen kritisch für das Verformen der Rohrauskleidung aus einem einzigen Material, wie HDPE, und für die Wiederherstellung der ursprünglichen Gestalt.

Es wurde gefunden, daß bei Herstellung einer Mischung von Kunststoffmaterialien, nämlich Polyethylen hoher Dichte und Polyethylen niedriger linearer Dichte, die Mischung zwei diskrete und unterschiedliche Kristallisationsschmelztemperaturen aufweist. Beispielsweise hat sich gezeigt, daß bei Mengenverhältnissen von 50 % zu 50 % von HDPE und LLDPE die Kristallisationsschmelzpunkte im Bereich von 105 °C bis 113 °C liegen. Wenn das Rohr auf eine Temperatur im Bereich von 105 °C bis 113 °C erwärmt wird, hat sich gezeigt, daß das Rohr sein ursprüngliches Formgedächtnis beibehält, nämlich runde Gestalt nach Verformung, während gleichzeitig das Rohr bei Temperaturen unterhalb dieses Bereiches die verformte Gestalt beibehält. Bei neuerlichem Erwärmen auf eine in diesem Bereich liegende Aktivierungstemperatur erinnert sich das Rohr an seine ursprüngliche runde Gestalt, kehrt zu dieser zurück und verliert jegliche Neigung für eine Rückkehr zur verformten Gestalt. Das bedeutet, daß jegliches Erinnerungsvermögen an die verformte Gestalt gelöscht wird. Es ist verständlich, daß der Temperaturbereich zwischen den beiden angeführten Kristallisationstemperaturen je nach den verwendeten Materialien und deren Anteilen verschieden ist, wenngleich der Bereich vorzugsweise etwa 5 °C bis 15 °C betragen kann. Eine genaue Temperatursteuerung ist somit bei Verwendung einer Mischung von Kunststoffmaterialien nicht so kritisch wie die erforderliche Temperatursteuerung bei Anwendung eines einzigen Stoffes, nämlich von reinem HDPE.

Es ist somit Hauptaufgabe der Erfindung, ein neues und verbessertes Verfahren zum Herstellen einer verformten Rohrauskleidung und zum Anbringen der Rohrauskleidung in einem Rohr sowie ein neues und verbessertes Rohrerzeugnis zu schaffen.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung werden nachfolgend an Hand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen: Fig.1 eine perspektivische Ansicht einer Rohrverformungsvorrichtung zum Herstellen verformter Rohrauskleidungen; Fig.2 in größerem Maßstab eine Draufsicht auf einen Teil der Verformungsvorrichtung von Fig.1; die Fig.3 und 4 Ansichten, teilweise im Schnitt nach den Linien III-III bzw. IV-IV in Fig.2; Fig.5

eine schematische Darstellung eines Verfahrens zum Einbauen der Rohrauskleidung; die Fig.6 bis 8 Darstellungen des Verfahrens zum Einbauen einer erfindungsgemäßen verformten Rohrauskleidung mit mehr Einzelheiten; die Fig.9 und 10 Seitenansichten von Einspritz- bzw. Auslaß-Sammelrohren zur Verwendung bei dem Rohrauskleidungsvorgang gemäß den Fig.5 bis 8; Fig.11 eine Seitenansicht eines Werkzeuges zum Wiederherstellen der runden Gestalt in Verbindung mit einem Stopfen zur Verwendung in dem Einbauverfahren gemäß den Fig.5 bis 8; Fig.12 eine Stirnansicht des in Fig.11 dargestellten Werkzeuges zum Wiederherstellen der runden Gestalt; Fig.13 eine Seitenansicht eines End-Ejektors zur Verwendung bei dem in den Fig.5 bis 8 erläuterten Verfahren, und Fig.14 ein Diagramm der Bedingungen von Temperatur und Druck in Ordinatenrichtung über der Zeit in Abszissenrichtung für den Einbau der Auskleidung in das Rohr.

Die Erfindung befaßt sich mit dem Verformen eines im wesentlichen zylindrischen oder runden Rohres aus einem thermoplastischen Material, welches fortlaufend extrudiert wird, in einen allgemein U-förmig verformten Zustand, so daß seine größte Querschnittsdimension zum Einführen im verformten Zustand in ein auszukleidendes Rohr verringert wird. Danach wird die verformte Auskleidung wieder in ihre runde Gestalt rückgeformt oder aufgeblasen, damit sie an der Innenwandung des Rohres zur Bildung einer wiederhergestellten Rohrleitung anliegt.

Gemäß der Erfindung wird die Rohrauskleidung L mittels eines Extruders 210 durch Strangpressen hergestellt, u.zw. mit einem Außendurchmesser, der wenigstens so groß ist wie und vorzugsweise etwas größer als der Innendurchmesser des Rohres, in welches die Auskleidung eingeführt werden soll. Ein Merkmal der Erfindung besteht in verbesserten Vorrichtungen und Verfahren zum Verformen der Rohrauskleidung L zwecks Verringerung ihrer Querschnittsgestalt zum Lagern auf einer Rolle und zum Erleichtern ihres Einführens in ein Rohr. Charakteristisch für die erfindungsgemäßen Vorrichtungen und Verfahren zum Verformen des Rohres ist es nach einem ersten Gesichtspunkt der Erfindung, daß die Rohrauskleidung an beiden Seiten des Rohres eine gleichartige Längung und gleichartige innere Spannungen aufweist, so daß im wesentlichen rund um den Umfang der Auskleidung eine im wesentlichen gleichförmige Wandstärke und eine gleichförmige Verteilung der Spannungen erzielt werden.

Bei der in Fig.1 dargestellten Anordnung folgt auf den Extruder 210 eine nicht dargestellte Kühlvorrichtung, aus welcher die rohrförmige Auskleidung L in eine allgemein mit 212 bezeichnete Verformungsvorrichtung gelangt. Nach der Verformung gelangt das verformte Auskleidungserzeugnis durch eine ebenfalls nicht dargestellte Kühlvorrichtung, um über eine nicht dargestellte Abziehvorrichtung das Auskleidungserzeugnis bei Umgebungstemperatur an eine in Fig.1 ebenfalls nicht dargestellte Vorratsrolle zu liefern. Für den gegenständlichen Zweck wird die Auskleidung L der Verformungsvorrichtung 212 mit einer gleichförmigen Temperatur annähernd entsprechend der Kristallisationsschmelztemperatur, d.i. 113 °C für HDPE, oder etwas darüber, zugeführt. Die Verformungsvorrichtung 212 weist ein Paar ortsfest unter einem Winkel von 90° zueinander angeordneter Positionierrollen 212 und 216 sowie ein Paar unter einem Winkel von 90° zueinander angeordneter einstellbarer Positionierrollen 218 und 220 und gegenüberliegende Rollen 214 bzw. 216 auf. Die einstellbaren Rollen 218 und 220 sind auf Armen 222 bzw. 224 um Achsen 226 bzw. 228 drehbar gelagert, die, wie gezeigt, miteinander einen Winkel von 90° einschließen. Die Arme und somit die einstellbaren Rollen 218 und 220 sind mittels zugeordneter Stellglieder 230 bzw. 232 unter Steuerung eines Computers C betätigbar, was nachfolgend noch näher beschrieben werden wird. Die Winkelstellung der Rollen 218 und 220 wird abgefühlt und ein dem abgeführten Durchmesser proportionales Signal wird dem Computer C zugeführt. Die Positionierrollen 214, 216, 218 und 220 bestimmen die axiale Mittellinie der Auskleidung L, wenn diese die Verformungsvorrichtung 212 durchläuft, und liefern dem Computer C den Betrag des Durchmessers des extrudierten Rohres.

In Bewegungsrichtung des Rohres nach der Positionierungsvorrichtung befindet sich ein Paar Stützrollen 234 und 236 im axialen Abstand voneinander. Jede der Rollen 234 und 236 ist mit nicht dargestellter geeigneter Einrichtungen, beispielsweise durch Stellglieder 238 und 240 bewegbare Schlitzen, zu der Achse der Auskleidung L hin und von dieser weg bewegbar angeordnet.

An der gegenüberliegenden Seite der Rohrauskleidung L ist ein Verformungsrad oder eine Rolle 242 angeordnet. Das Rad oder die Rolle 242 hat vorzugsweise einen hohen Rand oder Kranz, der über eine Anzahl hohler Speichen 244 mit einer Nabe für die Zuführung und Ableitung eines Heizmediums in den und aus dem Rand in Verbindung steht, wodurch die Rolle 242 ungefähr auf die Temperatur des die durch die Station hindurchgeföhrte Auskleidung L bildenden Materials erwärmt werden kann. Für das Medium sind eine Einlaßleitung 246 und eine Auslaßleitung 248 vorgesehen. Die Rolle 242 ist an einem Arm 250 gelagert, dessen eines Ende um eine Achse 252 schwenkbar angeordnet ist. Am Arm 250 ist die Kolbenstange 254 eines vorzugsweise hydraulischen Druckmittelzylinders 256 angelenkt, wodurch der Arm 250 und damit die von diesem getragene Rolle 242 um die Achse 252 zur Auskleidung L hin und von dieser weg bewegbar sind. Eine nicht dargestellte Konstruktion trägt einen Motor, u.zw. entweder einen

Gleichstrommotor oder einen Hydraulikmotor, 258, der über einen Riementrieb 260 die Rolle 242 in Richtung des Pfeiles 262 in Umlauf versetzt. Wenn die Rolle 242 an der Auskleidung L angreift und in Drehung versetzt ist, hat sie die Neigung, die Auskleidung L in Richtung vom Extruder 210 weg in Bewegung zu versetzen.

5 In Bewegungsrichtung nach der Verformungsrolle 242 ist ein Ende einer Schiene 264 (Fig.4) von einer in Führungen 268 angeordneten Teleskopstange 266 getragen. Die Schiene 264 ist mittels eines vorzugsweise hydraulischen Druckmittelzylinders 270 steuerbar. Die Stellung der Schiene 264 wird vom Computer C in Abhängigkeit vom Durchmesser des die Verformungsvorrichtung 212 durchlaufenden Rohres gesteuert.

10 Ähnlich wie die Positionierrollen 214 und 218 sind an gegenüberliegenden Seiten der Auskleidung L ein Paar Stützrollen 272 und 274 angeordnet. Die Rollen 272 und 274 sind jedoch in Ebenen drehbar, welche gegenüber der gemeinsamen Ebene durch die Auskleidung L je unter einem kleinen Winkel geneigt oder gegenüber dieser Ebene versetzt sind, so daß ihre Drehachsen nach einer Seite der Auskleidung L konvergieren, nämlich nach jener Seite der Auskleidung, welche eine allgemein halbzylindrische Gestalt 15 aufweist. Die Rollen 272 und 274 sind ebenfalls an Armen 276 bzw. 278 angeordnet, und an den Armen 276 und 278 greifen Stellmechanismen 280, 282 zum Bewegen der Stützrollen 272 und 274 zu der Auskleidung L hin und von dieser weg sowie zum Halten der Stützrollen in einstellbarer Position an.

15 In Bewegungsrichtung nach der Schiene 264 befindet sich ein weiteres Paar von Stützrollen 284 bzw. 286, die in ähnlicher Winkelstellung zur Auskleidung L angeordnet sind wie die Rollen 272 und 274, aber in geringerem Ausmaß. Die Rollen 284 und 286 sind ebenfalls an Armen gelagert, die mit Stellmechanismen 20 288 und 290 bewegbar sind, wodurch die Rollen 284 und 286 zu der Auskleidung L hin und von dieser weg bewegbar und in der eingestellten Lage festlegbar sind.

Zum Verformen des Rohres mit der Verformungsvorrichtung 212 ist die rohrförmige Auskleidung L von den Positionierrollen 214, 216, 218 und 220 gehalten. Die einstellbaren Positionierrollen 218 und 220 werden in Anlage an der Oberfläche der Auskleidung L gebracht, ihre Winkelstellung wird abgefühlt und es wird ein Signal an den Computer geliefert, welches ein Maß für den Durchmesser des Rohres darstellt. Unter Verwendung dieser Information liefert der Computer Ausgangssignale an verschiedene in Bewegungsrichtung folgende Stellmechanismen, um deren bewegliche Teile für einen gegebenen Durchmesser 25 in die richtige Stellung zu bringen. Beispielsweise liefert der Computer C Signale an die Stellglieder 238 und 240, um die Antriebsrollen 234 und 236 gegen die Auskleidungssachse in eine Position zuzustellen, damit die Seite der Auskleidung L, an welcher die Rollen 234 und 236 angreifen, eine vergleichbare Längung erhält, wie sie an der gegenüberliegenden Seite der Auskleidung durch die Verformungsrolle 242 hervorgerufen wird. In ähnlicher Weise liefert der Computer C Signale an den Hydraulikzylinder 256 zum Verstellen der Verformungsrolle 242 um die Achse 252 in den Bewegungspfad der Auskleidung L, beispielsweise in dem in Fig.3 dargestellten Ausmaß. Es ist ersichtlich, daß die Auskleidung L beim Durchgang zwischen der Verformungsrolle 242 und der Stützrolle 234 bezüglich einer durch die Achse der rohrförmigen Auskleidung verlaufende Symmetrieebene gefaltet wird und einander gegenüberstehende gekrümmte Schenkel oder Lappen 296 und 298 (Fig.3) an gegenüberliegenden Seiten der Symmetrieebene bildet, welche weiters dem Scheitel 300 der Faltung, der mit der Verformungsrolle 242 gebildet wird, 30 symmetrisch schneidet. Außerdem bringt durch den Rand der Verformungsrolle 242 geführte Heizflüssigkeit dessen Temperatur in Übereinstimmung mit der Temperatur der Masse des Kunststoffmaterials der Auskleidung L während der Verformung. Auf diese Weise wird die Temperatur der Auskleidung L während 35 des Verformungsvorganges im wesentlichen gleichförmig gehalten. Aus Fig.3 ergibt sich, daß die Schenkel oder Lappen 296 und 298 um die Rolle 242 zusammenfallen oder gefaltet werden und daß somit die Querschnittsgestalt der Auskleidung von einer allgemein rohrförmigen oder zylindrischen Gestalt, wie in Fig.3 40 strichpunktiert angedeutet, in eine allgemein U-förmige Gestalt umgewandelt wird.

Der Verformungsvorgang wird fortgesetzt, wenn die Auskleidung L die Stelle zwischen der Verformungsrolle 242 und der Stützrolle 234 verläßt, u.zw. durch die Rollenpaare 272, 274 und 284, 286. Insbesondere sind die Rollen 272 und 274 des ersten Paars zur offenen Seite der U-förmigen Auskleidung 45 hin winkelig angeordnet (Fig.3 und 4) und setzen den Biege- oder Faltvorgang fort, wobei die Auskleidung um die Schiene 264 verformt wird, wie dies in Fig.4 dargestellt ist. Die Schiene 264 besteht aus einem geeigneten Material, wie Polytetrafluorethylen, so daß die Auskleidung L an der Schiene 264 leicht entlanggleitet. Nach der Schiene 264 kommt das zweite Rollenpaar 284, 286 zum Einsatz, um die Schenkel 296 und 298 im wesentlichen gegeneinander zu schließen, wie dies in Fig.4 strichiert angedeutet ist. Durch 50 Aufrechterhalten der Temperatur des Kunststoffmaterials der Auskleidung L auf oder oberhalb der Kristallisationsschmelztemperatur des die Auskleidung bildenden Materials und fortschreitendes Falten der Auskleidung in ihre allgemein U-förmige Gestalt, behält die Auskleidung diese Gestalt nach dem Abkühlen bei, wobei das Formgedächtnis für die vorherige runde oder zylindrische Gestalt aufrechtbleibt. Folglich läßt 55

sich die verformte, allgemein U-förmige Auskleidung L nach dem Abkühlen auf eine Rolle aufwickeln, wobei die U-förmige Gestalt an einer Seite liegt, wenn die Rolle zum Aufwickeln um eine horizontale Achse gedreht wird.

- Vor der Beschreibung des Verfahrens zum Anbringen der U-förmigen Auskleidung in einem Rohr gemäß der Darstellung in den Fig.5 bis 8 werden noch einige im Zusammenhang damit zu verwendende Werkzeuge, wie Einspritz- und Auslaßsammelrohre sowie das Werkzeug zum Wiederherstellen des runden Querschnittes, Stopfen und Endinjektor, beschrieben. Fig.9 zeigt ein Einspritz-Sammelrohr 310, welches eine Dampfeinlaßleitung 312 mit einem geeigneten Ventil 314 sowie einem Temperaturmeßgerät 316 und einem Druckmeßgerät 318 aufweist. Die Dampfleitung ist an den Grundkörper 320 des Sammelrohres angeschlossen, welcher einen Auslaß 322 zum Zuführen von Dampf in die Auskleidung L in noch zu beschreibender Weise aufweist. An einem Ende des Sammelrohrkörpers 320 befindet sich ein Wassereinlaß 324 mit einem zugehörigen Ventil 326. Eine Lufteinlaßleitung 328 ist an den Sammelkörper 320 über einen Luftdruckregler 330 angeschlossen. Zum Messen von Druck und Temperatur im Sammelrohr dienen Meßgeräte 332 und 334.
- Gemäß Fig.10 weist das Auslaßsammelrohr 336 einen Grundkörper 338 mit einem Einlaß 340 zur noch zu beschreibenden Verbindung mit dem anderen Ende der Auskleidung auf. An einem Ende des Sammelrohrkörpers 338 befindet sich ein Überdruckventil 342 und am gegenüberliegenden Ende sind ein Wasserlauslaß 344 und ein Ventil 346 hiefür vorgesehen. Ferner ist ein Luftüberdruckventil 348 vorgesehen.

- Fig.11 zeigt eine Kombination eines Werkzeugs 350 zum Wiederherstellen des runden Querschnittes und eines Stopfens 352. Das Werkzeug zum Wiederherstellen des runden Querschnittes umfaßt eine allgemein kegelstumpfförmige Nase 354 mit einer konkaven Ausnehmung 356, die sich durch das den kleineren Durchmesser aufweisende Ende öffnet und von einem Punkt 358 an einer Seite zu der gegenüberliegenden Seite spitz zuläuft. Die konkave Ausnehmung 356 dient zur Anpassung an die nächstgelegenen Wandteile der Schenkel 296 und 298 der allgemein U-förmigen Auskleidung beim Einführen des Werkzeuges 350 zum Wiederherstellen des runden Querschnittes in das Ende der verformten Auskleidung zum Einleiten der Aufweitung derselben zu ihrer runden Gestalt. An der Spitze 358 gegenüberliegenden Seite des Werkzeugs 350 befindet sich ein Paar in seitlichem Abstand angeordneter Stangen 360 zum Einführen in die Schenkel 296 bzw. 298 der allgemein U-förmigen Auskleidung. Die Stangen 360 verjüngen sich von dem den größeren Durchmesser aufweisenden Ende des kegelstumpfförmigen Werkzeuges zum vorderen Ende hin. An der Basis des Werkzeugs 350 befindet sich ein Zapfen 362 zur Aufnahme in einer gleichartigen Öffnung in einem Stopfen 352. Der Stopfen 352 ist annähernd ein hohler Zylinder mit einem konischen Abschnitt 364 bei einem Ende. An der Seite des Stopfens 352 befindet sich ein Dampfeinlaß 366 zum Einleiten von Dampf in das Innere des Stopfens 352. In den konischen Seitenwänden des Stopfens 352 befinden sich Auslässe 368 zum Durchströmen von Dampf in die Auskleidung rund um das Werkzeug in einer Art und Weise und aus Gründen, welche nachstehend noch näher erläutert werden.

Fig.13 zeigt einen Endinjektor 370. Der Injektor 370 weist einen an einem Ende bei 372 geschlossenen zylindrischen Abschnitt und eine Seiteneinlaßöffnung 374 zum Einleiten von Dampf auf.

- In den Fig.5 bis 8 ist ein auszukleidendes Rohr, beispielsweise ein Abwasserrohr P, dargestellt, welches zwischen Mannlöchern M1 und M2 verläuft. Zum Einleiten des Auskleidungsvorganges wird die Abwasserleitung zunächst gereinigt, in herkömmlicher Weise inspiziert und es werden, soweit erforderlich oder möglich, Reparaturen an der Leitung vorgenommen. Die Rohrauskleidung L wird der zuständigen Firma auf einer Rolle in abgemessener Länge mit einem Übermaß bezüglich der Rohrlänge zwischen den Mannlöchern M1 und M2 zugestellt. Bei der zuständigen Firma wird das Rohr an eine auf einem Anhänger montierte, mit einem Motor versehene Trommel R für den Transport zur Baustelle übergeben. Beim Mannloch M1 wird die mit dem Motor versehene Trommel R so aufgestellt, daß die Auskleidung an der Oberseite der Trommel R abgenommen werden kann. Im Mannloch M1 wird eine gekrümmte Führung 378 mit einer Mehrzahl von Rollen 380 zum Einführen der Auskleidung L in das Rohr P aufgestellt. Beim zweiten Mannloch M2 wird eine Zugwinde 382 aufgestellt. Durch das Abwasserrohr P wird in herkömmlicher Weise unter Verwendung eines Strahlreinigers oder eines mit Luft vorgetriebenen Kanalfallschirmes eine Zugleine eingebracht. An die Zugleine wird die Auskleidung angehängt und die Auskleidung wird in das Rohr P eingebracht, indem die Winde 382 zum Ziehen und die mit dem Motor versehene Trommel R zum Zuführen der Auskleidung durch das Rohr P im wesentlichen in einer Art und Weise eingesetzt werden, daß das Aufbringen von Spannungen auf die Auskleidung L vermieden wird.

- Beim Einführen der Auskleidung wird ein auf einem Lastwagen befindlicher Kessel B (Fig.5) angefeuert und am Auslaßrohr 336 beim zweiten Mannloch M2 werden die erforderlichen Luft- und Dampfanschlüsse hergestellt (In Fig.5 steht der Kessel B beim Mannloch M1 für die Verwendung in noch zu beschreibenden nachfolgenden Schritten). Sobald die Auskleidung L so in das Rohr P eingeführt ist, daß seine Enden über

die Enden des Rohres P hinausragen, wird der Endinjektor 370 über den vorstehenden Abschnitt der Auskleidung im Mannloch M2 gestülpt, wie dies in Fig.7 dargestellt ist. Sodann wird Dampf in den Endinjektor 370 eingeleitet, um das die Auskleidung L bildende, umschlossene Kunststoffmaterial zu erweichen. An den entgegengesetzten Enden der Auskleidung L sind Thermoelemente 383 und 385 (Fig.5) angeordnet. Im einzelnen ist das Thermoelement 383 am Einlaßende der Auskleidung beim Mannloch M1 an der Innenseite der Auskleidung L angeordnet, während das Thermoelement 385 am anderen Ende der Auskleidung beim Mannloch M2 zwischen Auskleidung L und Rohr P, d.h. außerhalb der Auskleidungshaut, angeordnet ist. Gemäß Fig.5 sind die Thermoelemente an eine computergestützte Steuerung CC angeschlossen, die von dem am Fahrzeug angeordneten Kessel B getragen ist. Zwischen dem Kessel B und dem Einspritzsammelrohr 310 sind ein Steuerventil 386 und ein Wirbelstrom-Strömungsmessersystem 388 vorgesehen. Das Steuerventil 386 dient zum Steuern der Dampfströmung. Das Wirbelstrom-Strömungsmessersystem 388 liefert dem Computer CC Informationen bezüglich der Strömungsrate von der Auskleidung L zugeführtem Dampf.

Nach dem Zuführen von Dampf zum Endinjektor 370 wird der Injektor 370 vom vorragenden Ende der Auskleidung beim Mannloch M2 entfernt. In das Ende der Auskleidung beim Mannloch M2 wird das Rückformungswerkzeug 350 mit dem Stopfen 352 in das Ende der Auskleidung eingeführt, um das Rückformen des verformten Auskleidungsendes zu der runden Gestalt einzuleiten, wobei das Anliegen des Auskleidungsendes an der konischen Wand des Stopfens 352 eine Abdichtung an diesem Ende der Auskleidung bildet. Das Ende der Auskleidung L beim Mannloch M1 wird ebenfalls mit einem Rückformungswerkzeug 350 versehen und es erfolgt dort in gleicher Weise durch Einführen des Rückformungswerkzeuges ein anfängliches Runden. Insbesondere werden bei der Anwendung des Werkzeuges 350 die Stangen 360 in die Schenkel 296 und 298 der U-förmigen Auskleidung L eingeführt und das spitze Ende wird zwischen den Scheiteln der U-förmigen Auskleidung und deren halbkreisförmigem Basisabschnitt eingeführt. Nach dem Hineindrücken des Rückformungswerkzeuges in die Auskleidung unter Verwendung eines nicht dargestellten Hydraulikzylinders bewirkt die konkave Oberfläche des Rückformungswerkzeuges eine Verlagerung des Scheitels 300 (Fig.3) auswärts, während die übrige Oberfläche des Rückformungswerkzeuges 350 bewirkt, daß diese Oberflächen eine kreisförmige Anordnung bilden. Nach dem Einführen des Rückformungswerkzeuges 350 und des Stopfens 352 bis zum Übergang zwischen den zylindrischen und konischen Oberflächen wird die Auskleidung L um den Stopfen 352 geklemmt, wobei die Enden der Auskleidung an diesem abgedichtet werden. Nun befindet sich die Auskleidung in einem Zustand, in welchem sie zu ihrer runden Gestalt aufgeblasen werden kann.

Um dies zu erreichen, wird gemäß den Fig.5 und 8 durch die computergestützte Steuerung CC das Steuerventil 386 geöffnet, wodurch Dampf beim Mannloch M1 in die Auskleidung strömt. Der Computer CC ist dazu programmiert, die Dampfströmung so zu steuern, daß die Temperatur des Dampfes in der Auskleidung auf 116 °C und der Druck auf 70 kPa ansteigt. Der Computer steuert die Dampfströmung und hält den Dampf in der Auskleidung während der Betätigung des Steuerventiles auf einer Temperatur von 116 °C und einem Druck von 70 kPa während einer vorbestimmten Zeitdauer, u.zw. in der Größenordnung von 15 min. Es wird darauf hingewiesen, daß die Temperatur der Auskleidung während dieser vorbestimmten Zeitspanne unterhalb der Kristallisationsschmelztemperatur des Kunststoffmaterials, z.B. 113 °C fUr HDPE, bleibt, ungeachtet des Umstandes, daß die Dampftemperatur höher ist als die Kristallisations-schmelztemperatur. Weiters kann die Zeitspanne für Rohre unterschiedlicher Größe verschieden sein. Die Temperatur und der Druck werden während einer hinreichenden Zeit aufrechterhalten, so daß durch den Druck die Auskleidung auf ihrer gesamten Länge in eine runde Querschnittsform aufgeblasen wird, wobei die Temperatur das Runden der Auskleidung durch Erweichen des Kunststoffmaterials unterstützt. Die Temperatur des Kunststoff-Auskleidungsmaterials ist während der vorbestimmten Zeitspanne absichtlich niedriger gehalten als die Kristallisationsschmelztemperatur des Rohrauskleidungsmaterials, so daß eine Längung der Auskleidung in Umfangsrichtung im wesentlichen ausgeschaltet ist. Dies trifft dann zu, wenn die Temperatur des Auskleidungsmaterials anfänglich rasch auf eine oberhalb der Kristallisationsschmelz-temperatur liegende Temperatur erhöht wurde, wobei eine so hohe Temperatur eine Längung der Ausklei-dung in Umfangsrichtung zur Folge hatte, so daß dann, wenn sich die Gestalt des Auskleidung der runden Form näherte, zu viel noch nicht gerundetes Material vorhanden wäre, um den Rundungsvorgang fortzusetzen. Es wurde nämlich gefunden, daß das Material, wenn es von Anfang an auf eine höhere Temperatur als seine Kristallisationstemperatur erwärmt worden war, einengt oder eine einwärts gerichtete Rippe oder einen Vorsprung bildet, anstatt die runde Gestalt rückzubilden. Durch Halten der Temperatur des Materials unterhalb der Kristallisationsschmelztemperatur und Zurverfügungstellung von hinreichendem Druck, näm-lich etwa 70 kPa, findet keine Längung des Auskleidungsmaterials statt und die Auskleidung läßt sich zu ihrer runden Gestalt aufblasen und gegen die Wände des Rohres P anlegen.

Sobald die Auskleidung diese runde Gestalt angenommen hat, wird die Temperatur des der Auskleidung L zugeführten Dampfes auf einen noch höheren Wert oberhalb der Kristallisationsschmelztemperatur, nämlich ungefähr 126 °C bis 130 °C, angehoben. Ebenso wird der Druck auf 175 kPa erhöht. Dieser Druck und diese Temperatur werden ebenso während einer vorbestimmten Zeitspanne aufrechterhalten.

5 Insbesondere wird die Temperatur während einer Zeitspanne aufrechterhalten, daß die mit dem Thermoelement 383 festgestellte Temperatur des Kunststoffmaterials ungefähr mit der Temperatur des an diesem Ende der Auskleidung zugeführten Dampfes übereinstimmt und die vom Thermoelement 385 beim Mannloch M2 festgestellte Temperatur 70 % der vom Thermoelement 383 beim Mannloch M1 festgestellten Temperatur erreicht. Es genügt somit für etwa 70 % der Masse an Kunststoffmaterial, die Kristallisations-

10 schmelztemperatur zu erreichen, um das Formgedächtnis für die U-förmige Gestalt zu löschen und das Formgedächtnis für die zylindrische Gestalt wiederherzustellen, zu aktivieren oder in den Vordergrund zu bringen. Anders ausgedrückt, wenn annähernd 70 % der Auskleidungswandstärke auf einer oberhalb der Kristallisationsschmelztemperatur liegenden Temperatur gehalten sind, ist dies hinreichend zum Reaktivieren des Formgedächtnisses für die runde Gestalt und zum Inaktivieren des Formgedächtnisses für die U-förmige Gestalt. Sobald diese Temperaturbedingungen erreicht sind, beginnt der Computer mit dem Abkühlvorgang.

15

Insbesondere unterbricht der Computer CC die Dampfzufuhr zur Auskleidung L und öffnet das Luftventil des Injektionssammelrohres 310 zum Einblasen von Luft in die Auskleidung. Während der Abkühlung wird der Druck innerhalb der Auskleidung L auf 175 kPa gehalten. Sobald die Temperatur einen dritten vorbestimmten Wert erreicht, beispielsweise etwa 93 °C, wird vom Injektionssammelrohr 310 Wasser in die Auskleidung eingespritzt, um die Auskleidung auf eine Temperatur abzukühlen, die ein vorbestimmter Bruchteil der Umgebungstemperatur ist, zu welchem Zeitpunkt die Rohrauskleidung im wesentlichen fertig ist. Die verschiedenen Verbindungen zur Auskleidung werden dann abgenommen und das Wasser wird aus der Auskleidung ausfließen gelassen. Die über die Enden des Rohres P vorstehenden Enden der Auskleidung werden dann abgeschnitten. Es ist klar, daß kein Klebstoff oder irgendwelche anderen Materialien zum Anheften der Auskleidung an das Rohr erforderlich sind, vor allem, weil der Außendurchmesser der Auskleidung etwas größer ist als der Innendurchmesser des Rohres. Somit ist der Druck der Auskleidung, der die Neigung hat, wegen des Formgedächtnisses für die runde Gestalt die Auskleidung in ihre normale runde Gestalt zurückzuführen, ausreichend, eine derartige Reibung im Rohr hervorzurufen, daß jegliche Bewegung der Auskleidung gegenüber dem Rohr verhindert wird.

Fig.14 zeigt ein Diagramm für Druck und Temperatur in Ordinatenrichtung über der Zeit in Abszissenrichtung zur Erläuterung der Rohrleitungsanordnung entsprechend der vorangehenden Beschreibung. Die durchgehenden Linien beziehen sich auf die Temperaturskala in Ordinatenrichtung, wogegen die strichpunktierte Linie auf die Druckskala in Ordinatenrichtung bezogen ist. Es zeigt sich, daß in der Anfangsphase der 35 Dampferzeuger über der Zeit eine Dampftemperatur von 116 °C zum Beaufschlagen der Auskleidung am Punkt R erzeugt. Gleichzeitig wird in der Auskleidung ein Druck bis 70 kPa entsprechend Punkt S aufgebaut. Die Bedingungen von Temperatur und Druck werden während einer vorbestimmten Zeitspanne in der Größenordnung von 15 min aufrechterhalten, bis bei den Punkten T bzw. U die Temperatur auf 126 °C bis 130 °C und der Druck auf 175 kPa entsprechend den Punkten V bzw. W angehoben werden.

40 Während des Anstieges von Temperatur und Druck zu den Punkten R bzw. S und dem Halten von Temperatur und Druck gemäß den Punkten T bzw. U zeigt sich, daß die am Einlaßende der Auskleidung mittels Thermoelement 383 gemessene Dampftemperatur entlang der Kurve X ansteigt, während die Temperatur der Auskleidung am stromabseitigen Ende beim Thermoelement 385 langsamer zunimmt, wie bei Y. Während Temperatur und Druck während der vorbestimmten Zeitspanne aufrechterhalten werden, 45 erreicht die tatsächliche Temperatur des Materials der Auskleidung nicht die Kristallisationsschmelztemperatur, bis Temperatur und Druck auf die Punkte V bzw. W angehoben sind.

Wenn die Dampftemperatur auf Punkt V angehoben ist, nämlich 126 °C bis 130 °C, und der Druck auf Punkt W angehoben ist, nämlich 175 bis 182 kPa, steigt die Temperatur der Auskleidung weiterhin an, wie mit den Kurven X und Y gezeigt, u.zw. bis zu einer Zeit, zu der das Thermoelement 383 am Einlaß eine Auskleidungstemperatur feststellt, die annähernd der Dampftemperatur entspricht und über dem Kristallisationsschmelzpunkt liegt, wie bei Z. Die Temperatur an der Außenseite der Auskleidung am anderen Ende derselben ist mit Z' angegeben und es ist klar, daß diese Temperatur ein vorbestimmter Bruchteil der Temperatur Z am Einlaßende der Auskleidung ist. Wenn diese beiden Bedingungen erfüllt sind, hat ein vorbestimmter Bruchteil, nämlich vorzugsweise etwa 70 %, der Masse des die Auskleidung bildenden 50 Kunststoffmaterials die Kristallisationsschmelztemperatur erreicht, zu welchem Zeitpunkt das Formgedächtnis für die U-förmige Gestalt gelöscht und das Formgedächtnis für die runde Gestalt aktiviert wird, um die Auskleidung im Rohr mit runder Gestalt zu halten. Zu diesem Zeitpunkt beginnt die Abkühlungsperiode, wobei Luft zum anfänglichen Kühlen der Auskleidung eingeblasen wird. Sobald die Temperatur der 55

## AT 400 355 B

Auskleidung am Einlaßende einen vorbestimmten Wert annimmt, nämlich in der Größenordnung von 93 °C entsprechend Punkt K, wird Wasser eingespritzt.

### Patentansprüche

- 5      1. Verfahren zum in situ Einbauen einer langgestreckten, hohlen, thermoplastischen Auskleidung in ein sich annähernd in horizontaler Richtung erstreckendes, zylindrisches Rohr, wobei die Auskleidung aus einem thermoplastischen Material besteht, welches bei einer Formgedächtnis-Aktivierungstemperatur ausgehend mit einem annähernd zylindrischen Querschnitt, dessen ursprünglicher Außendurchmesser annähernd dem Innendurchmesser des auszukleidenden Rohres entspricht, auf eine verringerte Querschnittsabmessung geändert wird, damit die Auskleidung in das Rohr einbringbar wird und die Auskleidung bei geändertem Querschnitt eine vorbestimmte Wandstärke aufweist, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:
  - 15      a) Einziehen der Auskleidung mit verringertem Querschnitt in das Rohr, bis sich diese über die entgegengesetzten Enden des Rohres hinaus erstreckt, wobei das thermoplastische Auskleidungsmaterial insbesondere von einer nicht quervernetzten Polyethylenverbindung hoher Dichte gebildet wird,
  - 20      b) Abdichten der Endabschnitte der Auskleidung über die entgegengesetzten Enden der Rohre zur Abdichtung des Inneren der Auskleidung an ihren entgegengesetzten Enden,
  - 25      c) nach dem Abdichten der Auskleidung und während der Dichthaltung erfolgt eine Anpassung der Auskleidung an die Innenwand des Rohres, während annähernd die ursprüngliche vorbestimmte Wandstärke aufrecht erhalten wird durch:
    - 30      1) das an sich bekannte Einbringen eines erwärmten Fluids in und durch die abgedichtete Auskleidung;
    - 2) die Anwendung eines vorbestimmten ersten Druckes über Atmosphärendruck mit Hilfe des erwärmten Fluids im Inneren der Auskleidung; und
    - 3) das Erwärmen der Auskleidung auf eine vorbestimmte Temperatur durch Wärmeübergang von dem erwärmten Fluid auf die Auskleidung, wobei die Auskleidung annähernd zur gespeicherten zylindrischen Querschnittsform zurückkehrt;
    - 35      d) die Erhöhung des Druckes in der Auskleidung auf einen zweiten vorbestimmten Druck oberhalb des ersten vorbestimmten Druckes vorgenommen wird, um die Auskleidung annähernd an die Oberflächenkonturen der Innenwand des Rohres anzupassen; und
    - 40      e) das Einführen eines Kühlfluids in die noch erwärmte Auskleidung, um diese in ihrer endgültigen, an die Innenseite Rohres angepaßte Form zu fixieren.
- 35      2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Endbereiche der Auskleidung, welche über die entgegengesetzten Enden des Rohres vorragen partiell aufgeweitet werden, mit Hilfe mechanischer Elemente, welche in die Endabschnitte der Auskleidung eingeführt werden, damit die aufgeweiteten Endabschnitte der Auskleidung die ursprüngliche zylindrische Form annehmen.

40      Hiezu 8 Blatt Zeichnungen

45

50

55

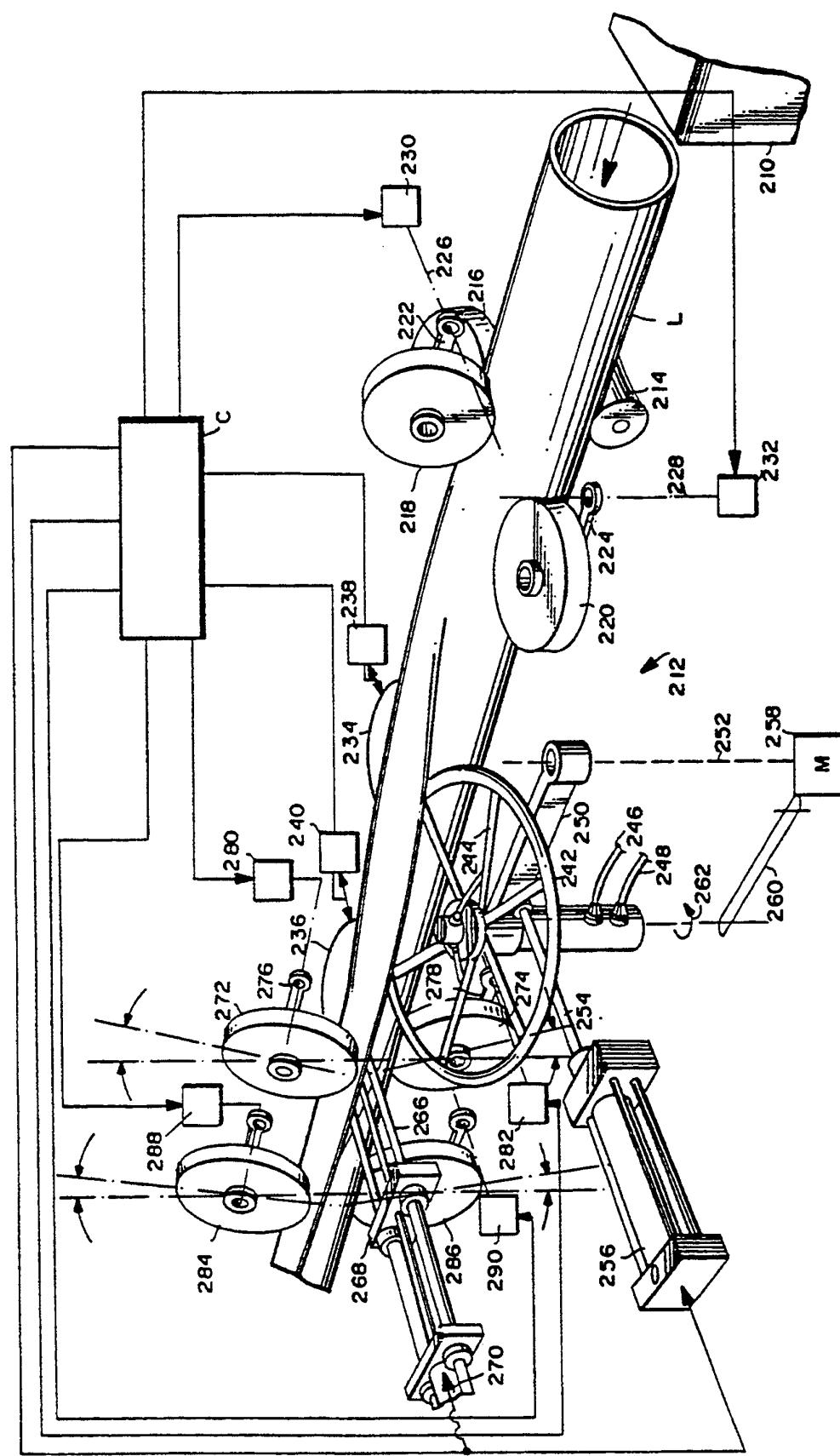
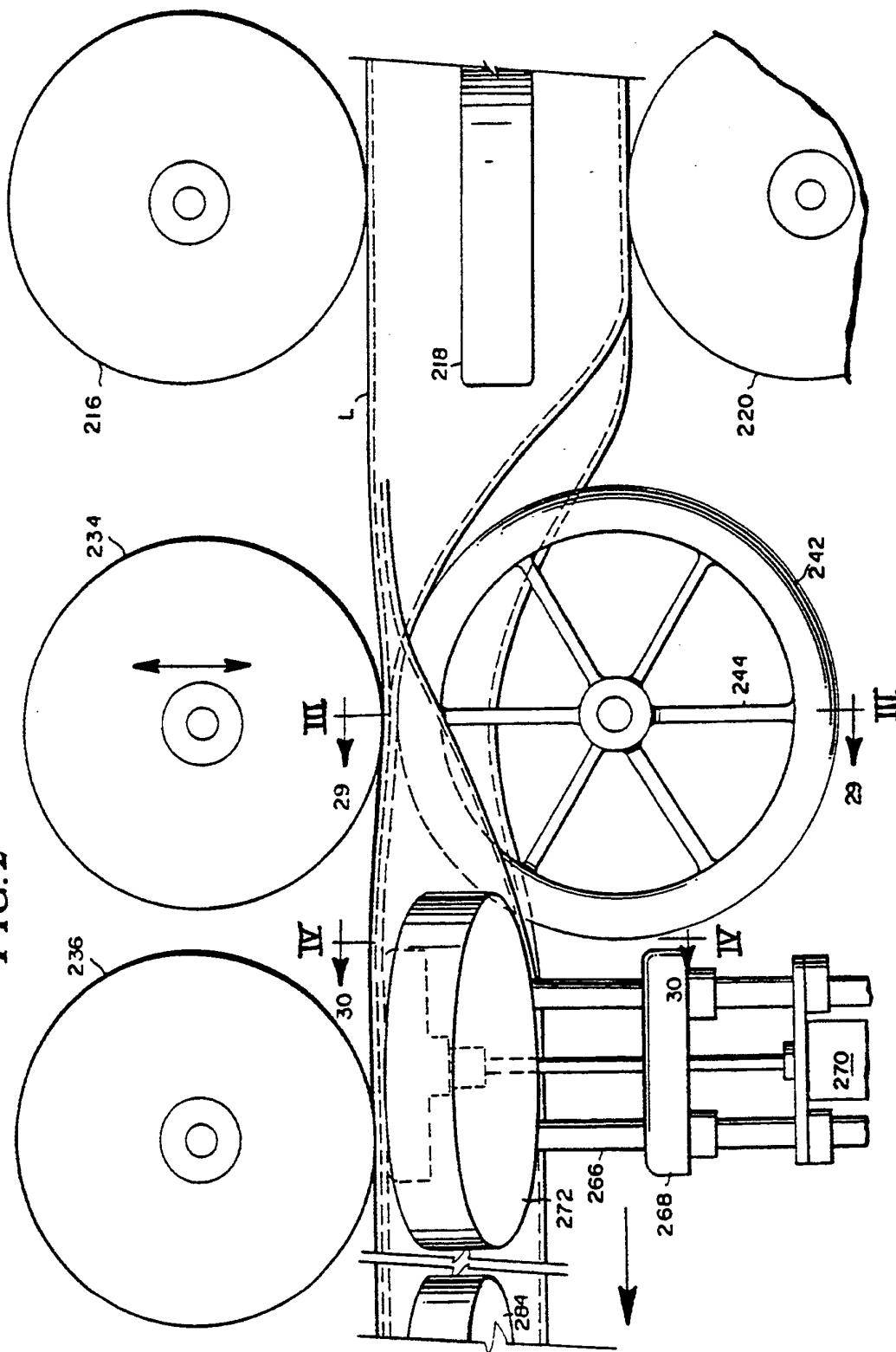


FIG. 1

FIG. 2



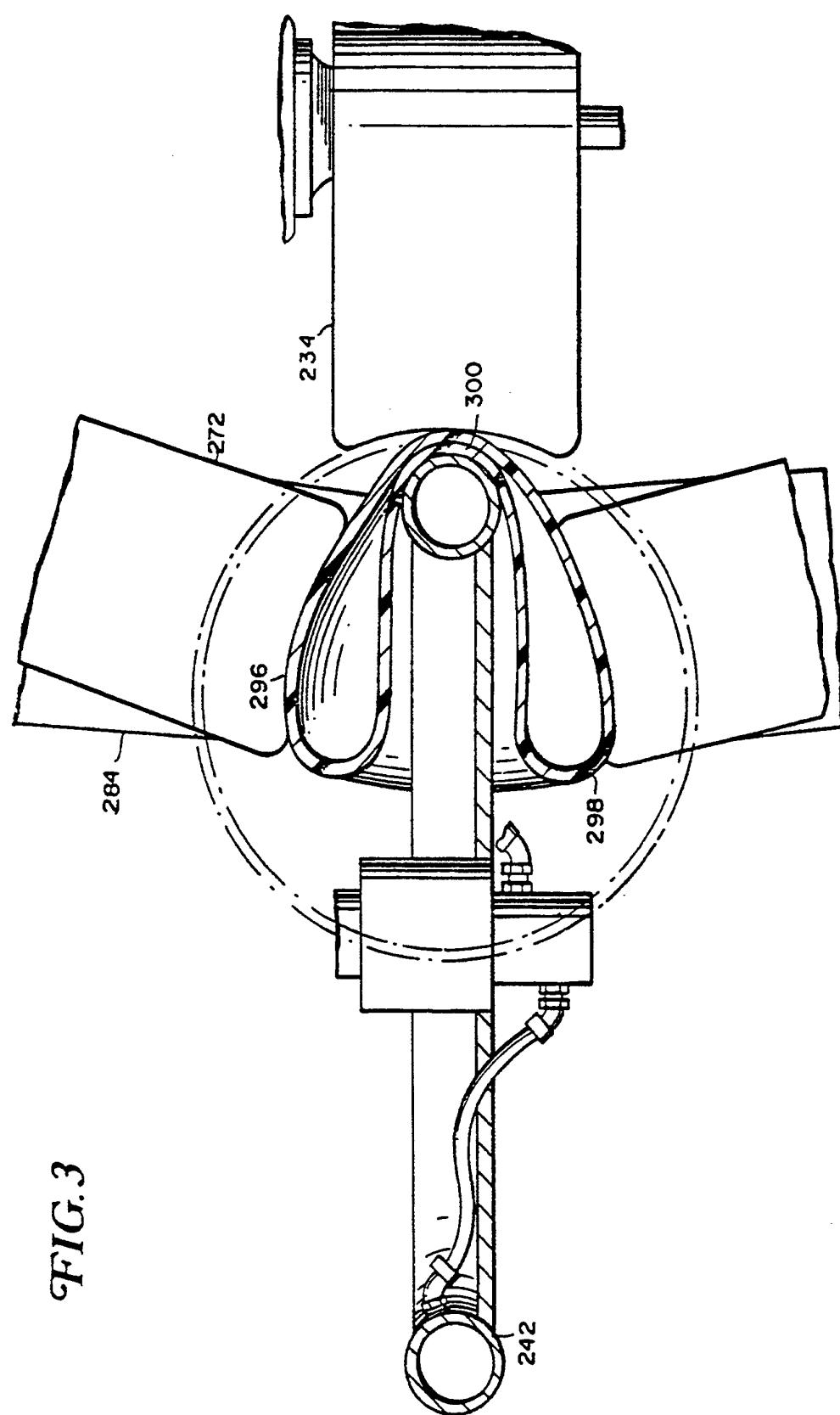
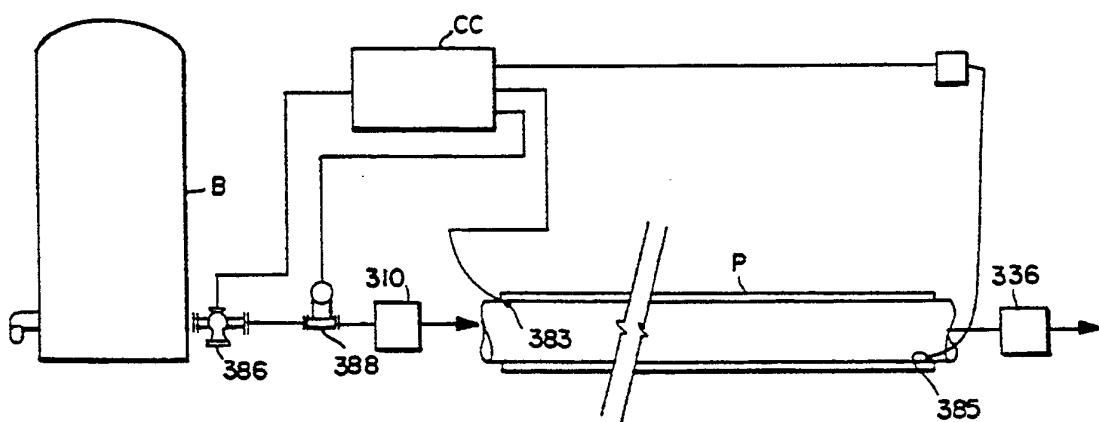
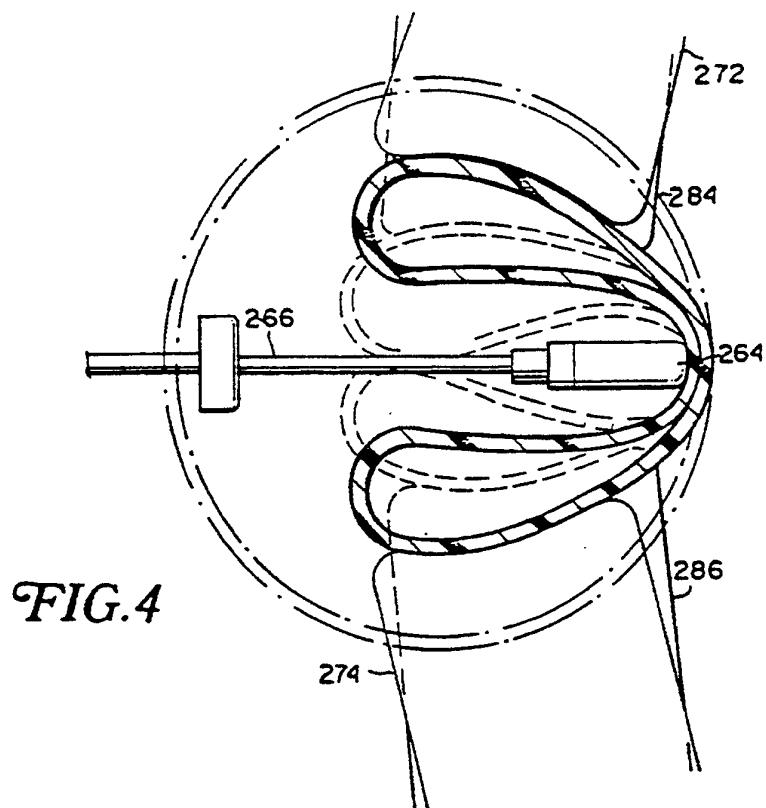
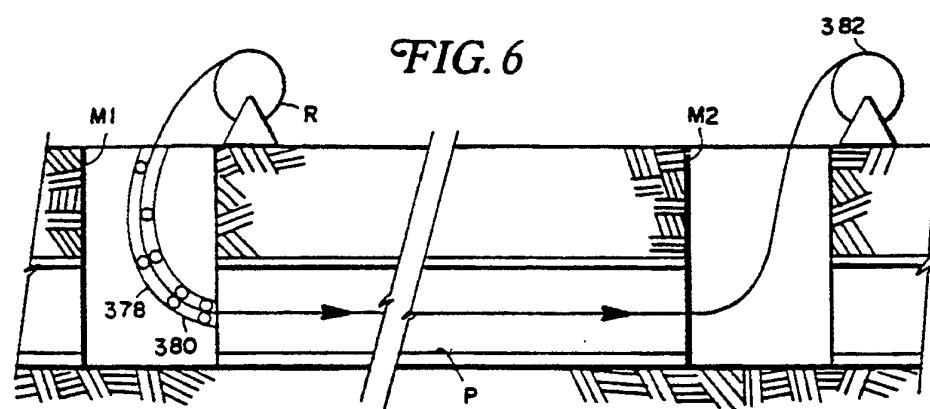
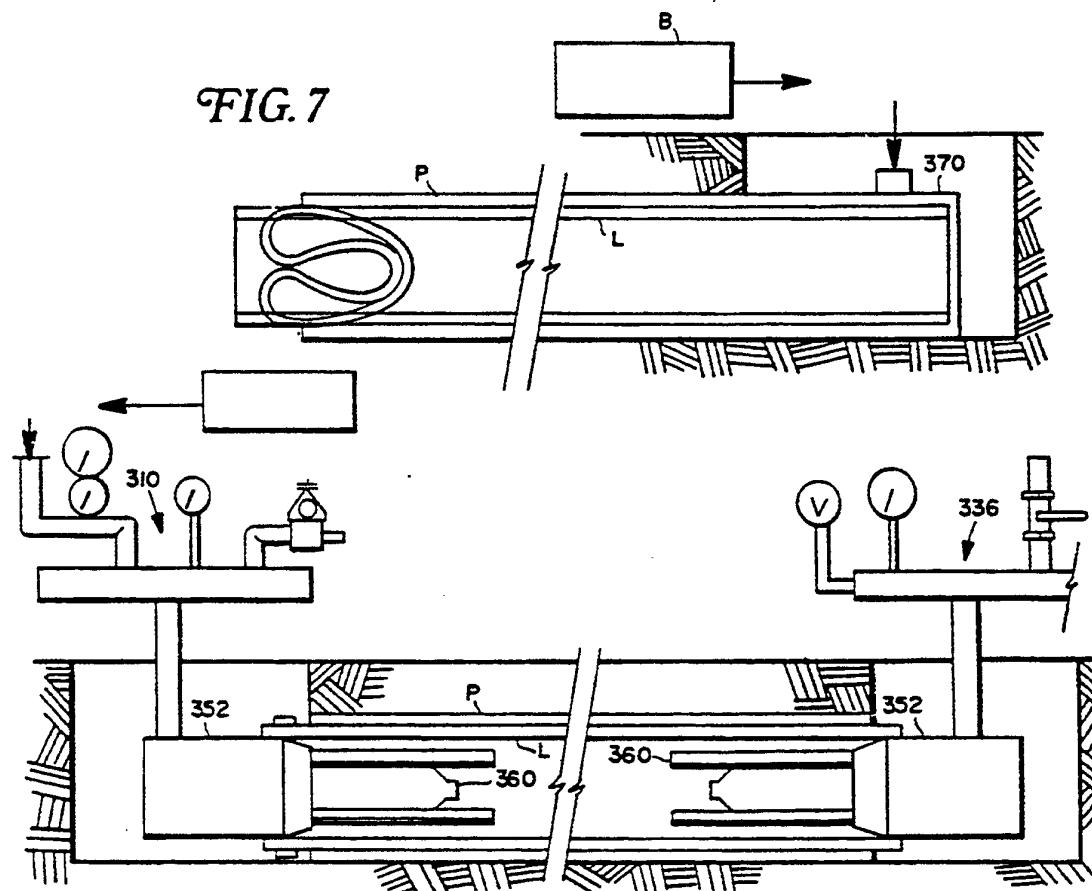
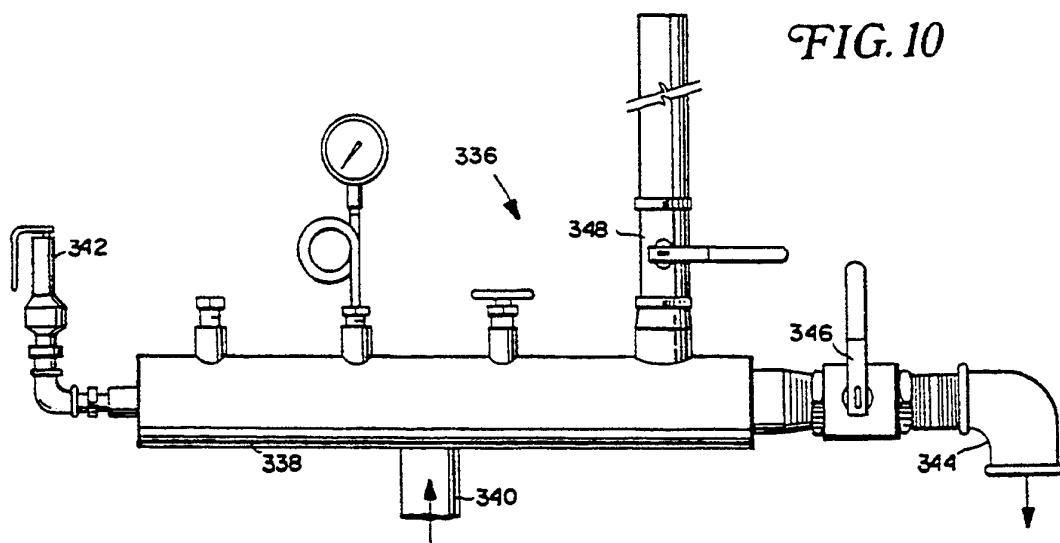
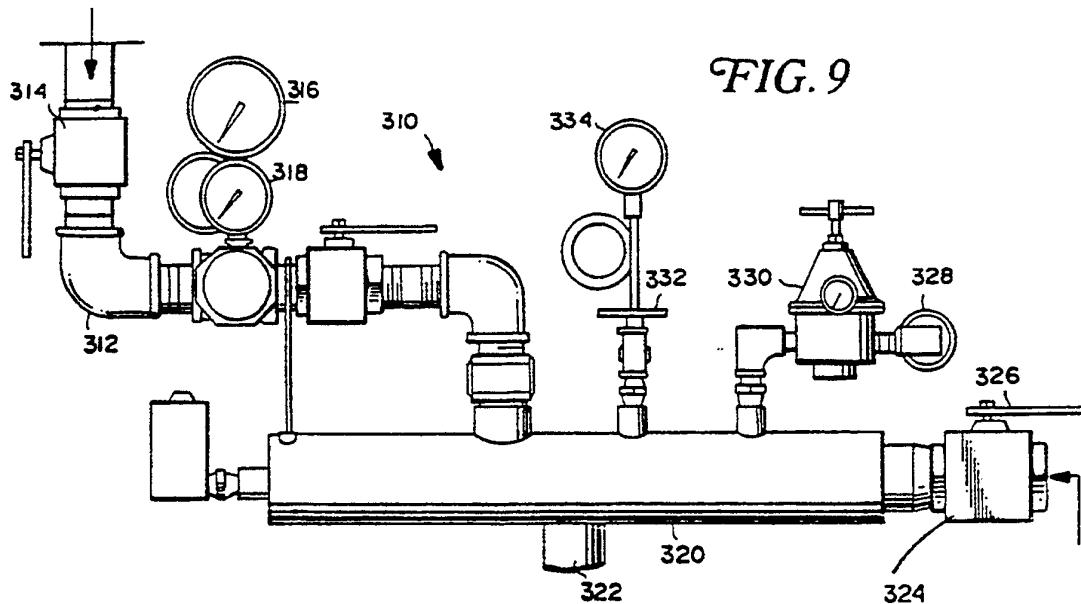


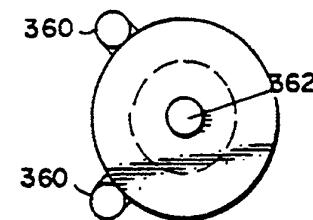
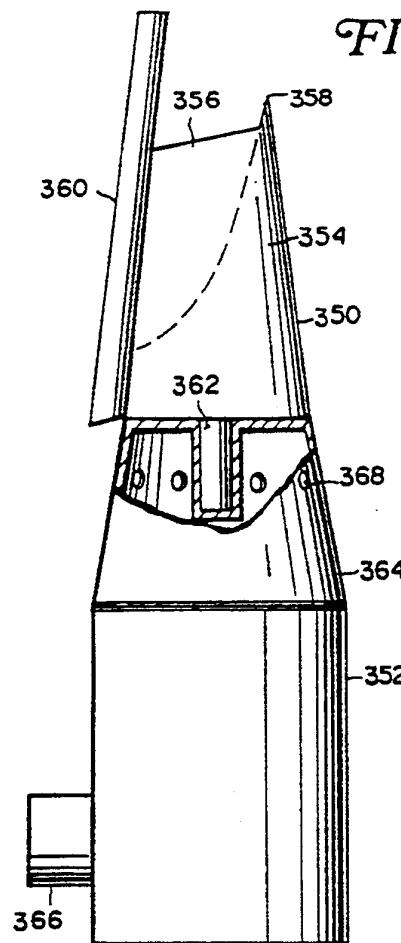
FIG. 3



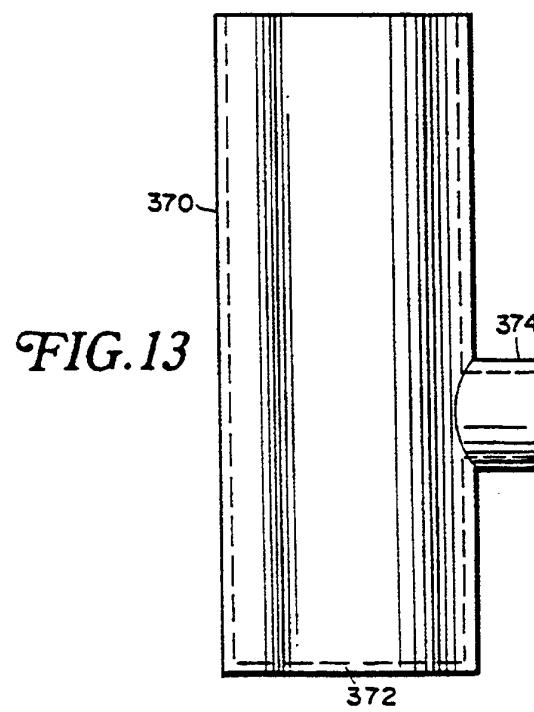
**FIG. 6****FIG. 7****FIG. 8**



*FIG. 11*



*FIG. 12*



*FIG. 13*

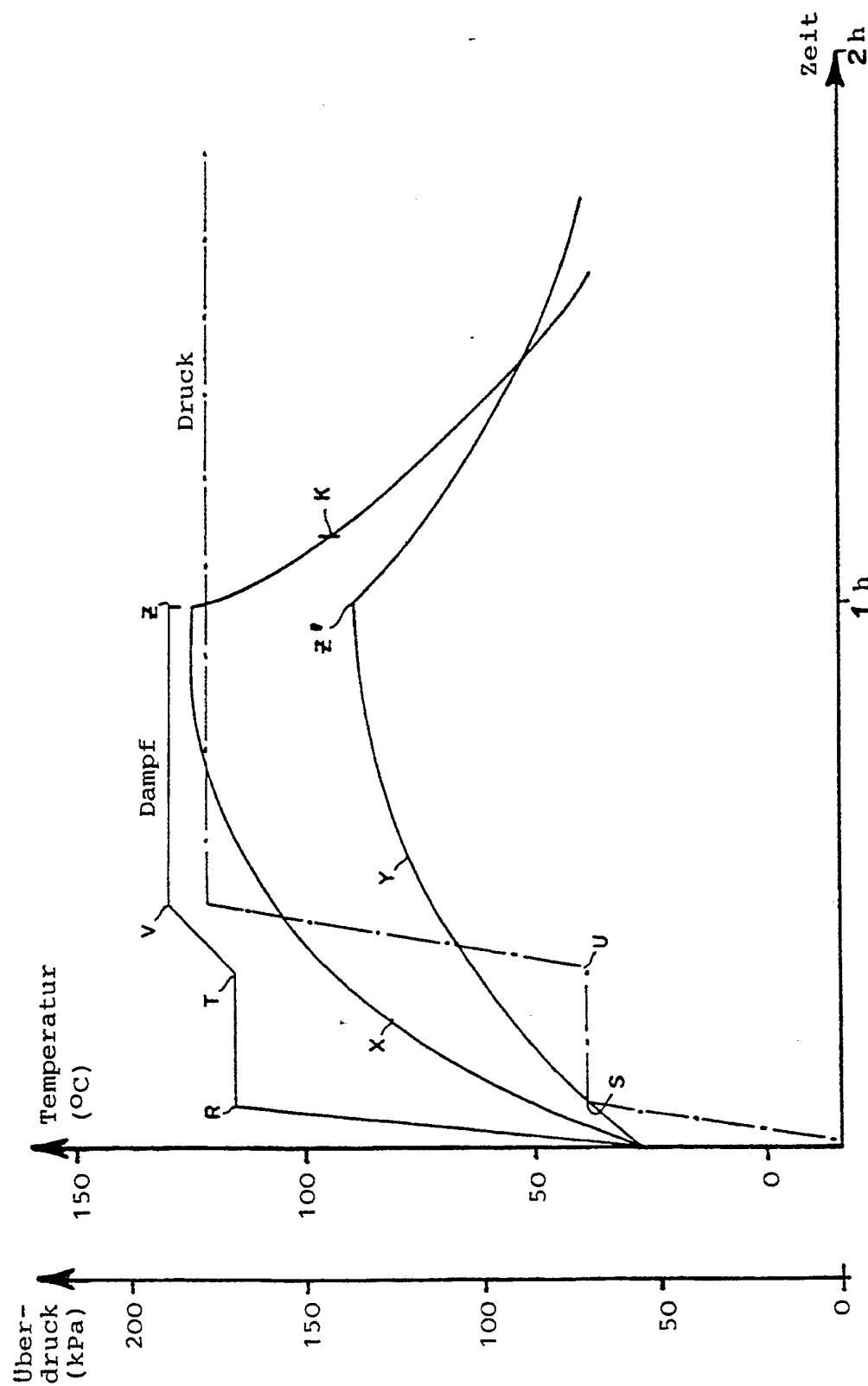


FIG. 14