



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 940 559 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
08.09.1999 Patentblatt 1999/36

(51) Int. Cl.⁶: **E21B 47/08**, E21B 23/14,
E21B 7/18, E02D 3/12

(21) Anmeldenummer: 99250063.7

(22) Anmeldetag: 04.03.1999

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(71) Anmelder:
**Bruder, Stephan Eberhard
38106 Braunschweig (DE)**

(72) Erfinder:
**Bruder, Stephan Eberhard
38106 Braunschweig (DE)**

(30) Priorität: 06.03.1998 DE 19809596

(54) **Vorrichtung und Verfahren zum Messen des Durchmessers eines mittels Hochdruckinjektion im Erdreich hergestellten Körpers**

(57) Mittels einer unter Vorspannung stehenden Spule (4), an der eine Meßleine (5) auf- und abwickelbar ist, wobei sich an dem freien Ende der Auf- und Abwickleinrichtung ein Schwimmkörper (6) oder Strömungskörper befindet, ist während des Bohrvorganges der aktuell erreichte Durchmesser eines herzustellen-

den HDI-Körpers ermittelbar. Der Schwimmkörper oder Strömungskörper wird von der Strömung des Hochdruckinjektionsstrahles (10) mitgerissen, so daß die Länge der Meßleine der wirksamen Länge des Hochdruckinjektionsstrahles entspricht.

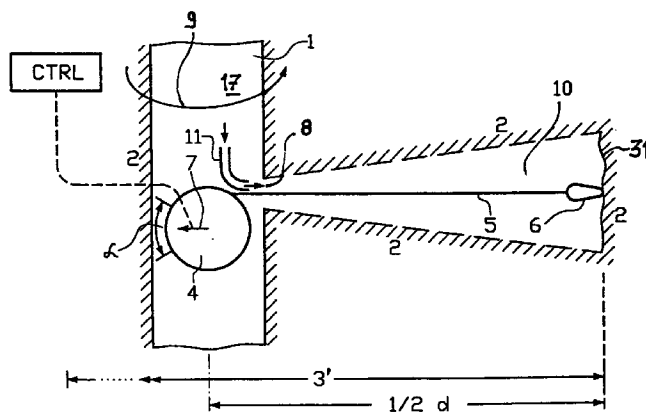


FIG. 3

EP 0 940 559 A2

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Meßvorrichtung nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 sowie ein Verfahren zum Bestimmen des Durchmessers eines HDI-Körpers nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 5.

[0002] Auf dem Gebiet des Tiefbaus ist es bekannt, mittels eines Hochdruckinjektionsverfahrens (HDI), das auch Düsenstrahlverfahren genannt wird, Säulen oder Scheiben von derartigen HDI-Körpern im Erdreich herzustellen. Zur Vereinfachung wird nachfolgend in diesem Zusammenhang von HDI-Körpern gesprochen, es sollen unter diesem Begriff Säulen, Scheiben und Scheibensegmente fallen, die mit einem Hochdruckinjektionsverfahren hergestellt wurden.

[0003] Die HDI-Körper werden zur Grundung eines Bauwerks, zur Bildung von Stützwänden und Dichtsohlen u.ä. verwendet. Stützwände und Dichtsohlen werden dadurch gebildet, daß HDI-Körper unmittelbar nebeneinander erzeugt werden, wobei sich die Ränder zur Bildung einer geschlossenen Fläche überschneiden.

[0004] Es ist dabei erforderlich, daß die HDI-Körper, welche insgesamt die geschlossene und dichte Wand oder Dichtsohle bilden sollen, stets einen vorgesehenen Durchmesser aufweisen. In der Praxis kann jedoch gelegentlich der Fall eintreten, daß ein HDI-Körper eine Verengung aufweist, die in der Wand oder Sohle zu einer undichten Fehlstelle führen kann, wenn dadurch keine ausreichende Verbindung mit dem benachbarten HDI-Körper hergestellt wird. Dies rührt von Inhomogenitäten im zu bearbeitenden Erdreich, typischerweise unterschiedlichen Festigkeiten des Bodens oder Geröll, her. Der Hochdruckinjektionsstrahl kann dabei nicht in der gewünschten, den gleichmäßigen Durchmesser der HDI-Körper bestimmenden Strecke in das Erdreich injiziert werden.

[0005] Man arbeitet deshalb häufig mit sogenannten Sicherheitsvorhalten, d.h., man erstellt die HDI-Körper mit größerem Durchmesser als eigentlich erforderlich wäre. Dies kostet unnötig Zeit und Material, denn man muß demzufolge für eine vorgegebene Fläche mehr HDI-Körper vorsehen als in einem Fall, in dem solche Fehlstellen nicht auftreten und demzufolge keine Vorhalte vorzusehen sind.

[0006] Deshalb ist es wünschenswert, bereits während jedes einzelnen Injektionsvorganges den aktuell erreichten Durchmesser ermitteln zu können um sicherstellen zu können, daß der gewünschte Durchmesser über die gesamte Höhe der HDI-Körper auch sicher erreicht ist.

[0007] Zu diesem Zweck sieht die DE 196 22 282 C1 ein Verfahren und eine Vorrichtung vor, mit welchem während der Herstellung eines HDI-Körpers dessen Durchmesser ermittelbar wird. Diese beruhen auf einer Ultraschall-Laufzeitmessung in Verbindung mit einem definierten flüssigen Medium, z.B. Wasser, das zu die-

sem Zweck separat in das Hochdruckinjektionsmaterial als Meßstrahl eingespritzt wird. Nachteilig dabei ist, daß nicht in jedem Fall sichergestellt ist, daß sich das Meßsignal innerhalb des Meßstrahles oder in dessen unmittelbarer Umgebung fortpflanzt, sondern daß es sich in Abhängigkeit von Materialgegebenheiten in der Umgebung des Meßstrahls unter Umständen auf nicht vorgesehenen Bahnen fortpflanzt und so das Meßergebnis verfälscht.

[0008] Darüber hinaus verursacht ein Meßstrahl aus einem zusätzlich zugeführten Fluid unerwünschte Kosten. Unter Umständen wird auch die Konsistenz des Hochdruckinjektionsmaterials negativ beeinflusst.

[0009] Ferner ist aus DE 44 29 917 A1 ein Meßverfahren mit einem schirmartigen Meßgestänge bekannt. Aus der Stellung und radialen Abspreizung von Tastarmen wird der Abstand zum festen Außenrand des HDI-Körpers bestimmt, solange das injizierte Material noch nicht ausgehärtet ist. Die Gestängekonstruktion führt systembedingt dazu, daß der zu messende HDI-Körper nicht über seine gesamte Höhe überwacht werden kann.

[0010] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es deshalb, eine Meßvorrichtung und ein Verfahren zum Bestimmen des Durchmessers eines HDI-Körpers zu schaffen, welche eine zuverlässige Messung entlang der gesamten Höhe des HDI-Körpers ermöglichen und welche mit einfachen Mitteln arbeiten.

[0011] Diese Aufgabe wird vorrichtungsmäßig mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruchs 1 und verfahrensmäßig mit den im Anspruch 5 beschriebenen Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Aus- und Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen beschrieben.

[0012] Ein Grundgedanke der Erfindung besteht darin, einen Schwimmkörper oder Strömungskörper in den Hochdruckinjektionsstrahl zu bringen, der eine am Injektionsrohr angebrachte Meßleine auszieht. Der Schwimmkörper erreicht dabei am Ende der Auszugsstrecke der Meßleine den Umlenkungspunkt des Hochdruckinjektionsstrahles, d.h., die maximale Länge des Strahles und die entsprechende Seillänge entsprechen dabei dem Radius des HDI-Körpers. Der Schwimmkörper positioniert sich dabei selbständig in der stärksten Strömung im Strömungszentrum. Eine auf die Meßleine wirkende Vorspannung verhindert ein Verdriften des Schwimmkörpers. Die Erfindung hat den Vorteil, daß die Radiusmessung mit einer einfachen Seillängenmessung durchgeführt werden kann. Außerdem kann der Radius zur Erzeugung eines HDI-Körpers kontinuierlich über den gesamten Umfang und die gesamte Höhe des HDI-Körpers gemessen werden. Es können somit Hindernisse, die Fehlstellen erzeugen, geortet und nach Position und Größe genau bestimmt werden. Man erhält eine genaue und ständig aktuelle Information über den tatsächlich erreichten Wirkungsbereich des Hochdruckinjektionsstrahles und kann rechtzeitig gezielte Verfahrensänderungen einleiten. Damit wird man in die Lage

versetzt, durch Steuerung des Injektionsrohres und des Injektionsstrahles das Hindernis zu kompensieren oder benachbarte HDI-Körper zum Ausgleich entsprechend auszuformen oder anzuordnen.

[0013] Die Erfindung wird nachstehend anhand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigen:

Figur 1 einen HDI-Körper im Querschnitt mit einer Fehlstelle;

Figur 2 einen Teil-Querschnitt einer Dichtsohle aus HDI-Körpern mit einer Fehlstelle;

Figur 3 eine Meßvorrichtung bei der Herstellung eines HDI-Körpers im Längsschnitt;

Figur 4 ein Beispiel eines Schwimmkörpers; und

Figur 5 eine vorteilhafte Weiterbildung der Meßvorrichtung nach Figur 1.

[0014] Figur 1 veranschaulicht einen mangelhaften HDI-Körper 3 im Längsschnitt. Er ist im Erdreich 2 hergestellt, welches beispielhaft im Bereich der Wandung eine härtere oder dichtere Stelle 2' aufweist, die sich in den zylindrischen HDI-Körper 3 hinein erstreckt. Der gewünschte, gleichmäßige Durchmesser d des HDI-Körpers wird daher in Form einer Verengung an dieser Stelle 2' nicht erreicht. Der HDI-Körper 3 weist dort daher eine Fehlstelle F auf, die bei der HDI-Körperherstellung durch Nachregelung des Injektionsstrahles (siehe Fig. 3 und 5) ausgeglichen werden kann.

[0015] Figur 2 zeigt im Querschnitt eine aus mehreren nebeneinander angeordneten, vertikalen HDI-Körpern 3 gebildete Dichtsohle 30. Sie überlappen sich im wesentlichen in der Weise, daß mit Ausnahme einer Fehlstelle F eine geschlossene horizontale Fläche gebildet wird. Zur Veranschaulichung der Fehlstelle F ist beispielhaft eine Fehlstelle F gemäß Fig. 1 dargestellt, die zu einer undichten Stelle in der Dichtsohle 30 führen kann.

[0016] Der Schnitt durch die Dichtsohle 30 entspricht dabei einem Schnitt durch den HDI-Körper 3 entlang der Linie A-A in Fig. 1.

[0017] Mit der Meßvorrichtung gemäß Figur 3 lassen sich derartige Fehlstellen F dadurch vermeiden, daß ein vom gewünschten Durchmesser d an der Fehlstelle abweichender Durchmesser ermittelt und in Abhängigkeit vom Meßergebnis eine Nachregelung des Injektionsstrahles 10 erfolgt, bis auch das Erdreich im Bereich der Fehlstelle F ausreichend vom Injektionsmaterial durchdrungen ist.

[0018] Figur 3 zeigt im Längsschnitt einen Teil eines ins Erdreich 2 abgeteufte Bohrgerätes 1 eines Hochdruckinjektionsbohrgerätes. Ein Rund-Pfeil 9 deutet an, daß zur Herstellung des zylindrischen HDI-Körpers 3' eine Drehbewegung um die Längsachse des Bohrgerätes 1 stattfindet, während der Injektions-

strahl 10 in das Erdreich 2 Injektionsmaterial auf bekannte Weise einbringt. Das Injektionsmaterial wird über eine Rohrleitung 11 im Hohlraum 17 des Bohrgerätes 1 zugeführt. Mittels der Rohrleitung 11, die in einer Düse 8 endet, wird eine geeignete Suspension als Hochdruckinjektionsstrahl 10 über hohen Druck injiziert. Typisch ist z. B. ein Druckwert von 500 Bar. Das Verfahren wird allgemein als Hochdruckinjektionsverfahren bezeichnet. Bei Austritt der Suspension aus der Düse 8 als Hochdruckinjektionsstrahl 10 löst dieser das Erdreich 2 so auf, daß ein relativ dickflüssiges Gemisch erzeugt wird. Dabei wird der Hochdruckinjektionsstrahl 10 auf seinem Weg in Richtung des gewünschten Randes 31 (entspricht dem gewünschten Durchmesser d) des HDI-Körpers 3 abgebremst. Im Umlenkpunkt wird die gerichtete Energie auf nahezu Null abgesenkt. Aufgrund der bereits beschriebenen Drehbewegung entsteht so eine Art Scheibe von dickflüssiger Konsistenz, die durch zusätzliche Ab- bzw. Aufbewegung des Bohrgerätes 1 zum gewünschten HDI-Körper 3' aufgeweitet wird (der HDI-Körper 3' ist nur ausschnittsweise dargestellt).

[0019] Der Hochdruckinjektionsstrahl 10 ist in Figur 3 schematisch mit gestrichelter Linie als ein sich nach außen hin öffnender Trichter dargestellt. Anstelle des Endwertes d des gewünschten Durchmessers ist nur der Radius gezeigt mit der Bezeichnung " $1/2 \cdot d$ ". Dieser Endwert d ergibt sich naturgemäß unter anderem aus Austrittsdruck und -geschwindigkeit des Hochdruckinjektionsstrahls 10 aus der Düse 8 und der Härte und Zusammensetzung des kompakten Erdreichs.

[0020] Es ist eine Meßvorrichtung vorhanden, mit welcher die Länge des Wirkungsbereichs des Hochdruckinjektionsstrahls 10 mittels einer Seilstrecke gemessen wird. Diese wird von einer Meßleine 5 erzeugt, die von einer Spule 4 von einem Schwimmkörper 10 am freien Ende der Meßleine 5 ausgezogen wird.

[0021] Die Spule 4 ist mit einem Rückzugmechanismus versehen, welcher die Meßleine 5 gegen die Zugrichtung mit einer Vorspannung beaufschlagt. Die Spule 4 ist in dem dargestellten Beispiel im Hohlraum 17 des Bohrgerätes 1 angeordnet. Der Austrittspunkt der Meßleine 5 befindet sich so nahe wie möglich an der Düse 8, damit der Schwimmkörper 6 in seiner Ausgangslage bei rückgespulter Meßleine 5 im Wirkungsbereich des Hochdruckinjektionsstrahles zu liegen kommt. Die Meßleine 5 ist als kunststoffummanteltes Stahlseil ausgebildet. Der Rückzugmechanismus besteht im einfachsten Fall aus einer Feder, welche die Spule 4 in Drehrichtung beaufschlagt.

[0022] Der Schwimmkörper 6 am freien Ende der Meßleine 5 ist strömungsgünstig ausgelegt, insbesondere in Tropfenform. Diese Formgebung gemäß Fig. 4, d.h. ein dickes Ende mit großer Außenwölbung 61 in Richtung der Ausströmung und Verjüngung 62 in Strömungsrichtung, sorgt für eine selbständige Positionierung des Schwimmkörpers 6 im Bereich der maximalen Strömungsgeschwindigkeit.

[0023] Wenn der Hochdruckinjektionsstrahl 10 eingeschaltet wird, d.h., wenn der Hochdruckinjektionsstrahl 10 anfängt, aus der Düse 8 des Rohres 11 auszutreten, wird der Schwimmkörper 6 aus seiner Ausgangslage von der Strömung des Hochdruckinjektionsstrahles 10 mitgerissen. Dabei wird auch die Meßleine 5 von der unter Vorspannung stehenden Spule 4 abgewickelt. Der Schwimmkörper 10 "schwimmt" dabei im Zentrum des Hochdruckinjektionsstrahles 10, weil der Hochdruckinjektionsstrahl 10 bekanntlich dort seine größte Geschwindigkeit aufweist. Dieser Vorgang ist in etwa vergleichbar mit einem kleinen Ball, der bei einer Fontäne stets an deren Spitze und in deren Zentrum "tanzt", d. h., er positioniert sich selbsttätig im Bereich der stärksten Strömung. Dadurch, daß die Spule 4 unter Vorspannung steht, ist ein Verdriften des Schwimmkörpers 6 ausgeschlossen.

[0024] Die Meßvorrichtung weist weiterhin eine Einrichtung 7 auf zum Erfassen des Ausmaßes α des Abrollens der Halteleine 5 von der Spule 4. Diese Sensoreinrichtung 7 kann z. B. ein Winkelgeber sein, der den Drehwinkel α mißt, um den sich die Spule 4 während des Abwickelvorganges der Meßleine 5 dreht. Aus dem Drehwinkel α ist unter Berücksichtigung des Durchmessers der Spule 4 die Länge der abgespulten Meßleine 5 errechenbar. Da sich der Schwimmkörper 6 stets am Endpunkt des Hochdruckinjektionsstrahles 10 befindet, ist damit gleichzeitig auch der aktuell erreichte Durchmesser des HDI-Körpers ermittelbar. Am Endpunkt des Hochdruckinjektionsstrahles 10 wird die gerichtete HDI-Strömung umgelenkt. Durch die Spannung im Meßseil 5 ist sichergestellt, daß der Schwimmkörper 6 der umgelenkten Strömung nicht mehr folgt. Damit stellt sich der Schwimmkörper 6 im Strömungsmaximum an der Umlenkungsstelle ein, die dem aktuellen Wirkungsbereich entspricht. Die ausgezogene Seilstrecke und die Länge des Schwimmkörpers 6 entspricht der Strecke zwischen dem Austrittspunkt des HDI-Strahles 10 und der Umlenkungsstelle der Strömung.

[0025] Die erfindungsgemäße Meßvorrichtung weist ferner eine Steuereinheit CTRL auf, die in Figur 3 symbolisch als sogenannte Blackbox mit einer gestrichelt gezeichneten Verbindung zur Einrichtung 7 zum Erfassen des Ausmaßes α des Abwickelns der Meßleine 5 dargestellt ist. Zu dieser Steuereinheit CTRL wird das jeweilige, aktuelle Ausmaß α der Drehung der Abwickleinrichtung 4 übertragen. Sie ermittelt daraus den Wert des aktuell erreichten Durchmessers des HDI-Körpers 3. Wenn dieser aktuell erreichte Wert des Durchmessers des HDI-Körpers 3 einen vorgegebenen Endwert d des Durchmessers des HDI-Körpers 3 erreicht hat, bewirkt das Steuergerät CTRL (zumindest zunächst) ein Zurückziehen der Meßleine 5 samt des daran befestigten Schwimmkörpers 6, ggf. bis in die Ausgangslage des Schwimmkörpers 6. Zusätzlich oder statt dessen kann das Steuergerät CTRL auch ein Höher- oder Tieferfahren des Bohrgestänges und damit auch der für

den Austritt des Hochdruckinjektionsstrahls 10 zuständigen Düse 8 am Rohr 11 bewirken, um den gewünschten HDI-Körper 3 auch bezüglich seiner Höhe (und nicht nur bezüglich seines Durchmessers) herzustellen. Dabei wird die das Zurückziehen bewirkende Kraft "abgeschaltet", so daß die Meßleine 5 durch den Schwimmkörper 6 wieder so weit abgewickelt wird, bis der Schwimmkörper 6 wieder an der Spitze des Hochdruckinjektionsstrahles 10 "schwimmt".

[0026] Ein großer Vorteil dieser Meßvorrichtung besteht darin, daß der tatsächlich erreichte Durchmesser des HDI-Körpers 3 stets "online" präzise ermittelbar ist und somit bislang (wegen der Gefahr des Entstehens der geschilderten Fehlstellen) übliche Vorhalte entfallen können. Der HDI-Körper 3 kann somit in kürzerer Zeit und mit weniger Material hergestellt werden.

[0027] Bei der Weiterbildung der vorliegenden Erfindung gemäß Fig. 5 befindet sich die Meßvorrichtung mit der Spule 4 in einem Gehäuse 9, welches in einem separaten Rohrstück RS angeordnet ist. Das Rohrstück RS ist zwischen dem Bohrrohr 1 und einem Bohrkopf B in der Art eines Bohrrohres einsetzbar und mittels üblicher Kupplungen lösbar zu verriegeln. Dies hat insbesondere den Vorteil, das bereits vorhandene Bohrgestänge 1 nach dem Stand der Technik mittels eines solchen separaten Rohrstückes RS ergänzbar sind. Hochdruckinjektionsgeräte können somit auf einfache Weise nachgerüstet werden.

Patentansprüche

1. Meßvorrichtung bei einem Bohrgestänge (1) zum Herstellen von HDI-Körpern (3),
dadurch **gekennzeichnet**,

daß sie eine von einer unter Vorspannung stehenden Spule (4) abwickelbare Meßleine (5) aufweist, an deren einem Ende ein Schwimmkörper (6) oder Strömungskörper befestigt ist, daß sie eine Einrichtung (7) aufweist zum Erfassen des Ausmaßes (α) des Abrollens der Meßleine (5), und daß die Meßleine (5) wieder aufrollbar ist.

2. Meßvorrichtung nach Anspruch 1,
dadurch **gekennzeichnet**, daß sie eine Steuereinheit (CTRL) aufweist, welche das erfaßte Ausmaß (α) des Abwickelns der Meßleine (5) in Verbindung setzt zu einem vorgegebenen Endwert (d) des Durchmessers des herzustellenden HDI-Körpers (3).

3. Meßvorrichtung nach Anspruch 2,
dadurch **gekennzeichnet**,

daß die Steuereinheit (CTRL) bei Erreichen des vorgegebenen Endwertes (d) bewirkt, daß die Meßleine (5) samt des daran

befestigten Schwimmkörpers (6) oder Strömungskörper wenigstens teilweise zurückgezogen wird.

4. Meßvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 5
dadurch **gekennzeichnet**,

daß sie in einem separaten Rohrstück (RS) 10
angeordnet ist, die zwischen dem Bohr-
stange (1) und einen Bohrkopf (B) einsetzbar
ist.

5. Verfahren zum Bestimmen des Durchmessers 15
eines HDI-Körpers (3) während des Herstellung
des HDI-Körpers (3) im Erdreich,
dadurch **gekennzeichnet**,

daß während des Aussendens eines die Hoch-
druckinjektion bewirkenden Injektionsstrahles 20
(10) ein an einer Meßleine (5) befestigter
Schwimmkörper (6) oder Strömungskörper in
den Injektionsstrahl (10) gebracht wird und in
diesem gehalten wird,
daß die Meßleine (5) während des Bohrvor- 25
ganges von einer unter Vorspannung stehen-
den Spule (4) soweit abgewickelt wird, wie der
Injektionsstrahl (10) reicht, und
daß das Ausmaß des Abwickelns (α) der Meß-
leine (5) erfaßt (7) wird. 30

6. Verfahren nach Anspruch 5,
dadurch **gekennzeichnet**,

daß das Ausmaß des Abwickelns (α) an eine 35
Steuerungseinheit (CTRL) übertragen wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6,
dadurch **gekennzeichnet**,

daß bei Erreichen eines vorgegebenen End- 40
wertes (d) des Durchmessers des herzustel-
lenden HDI-Körpers (3) der Schwimmkörper
(6) oder Strömungskörper wenigstens teilweise
zurückgezogen wird. 45

50

55

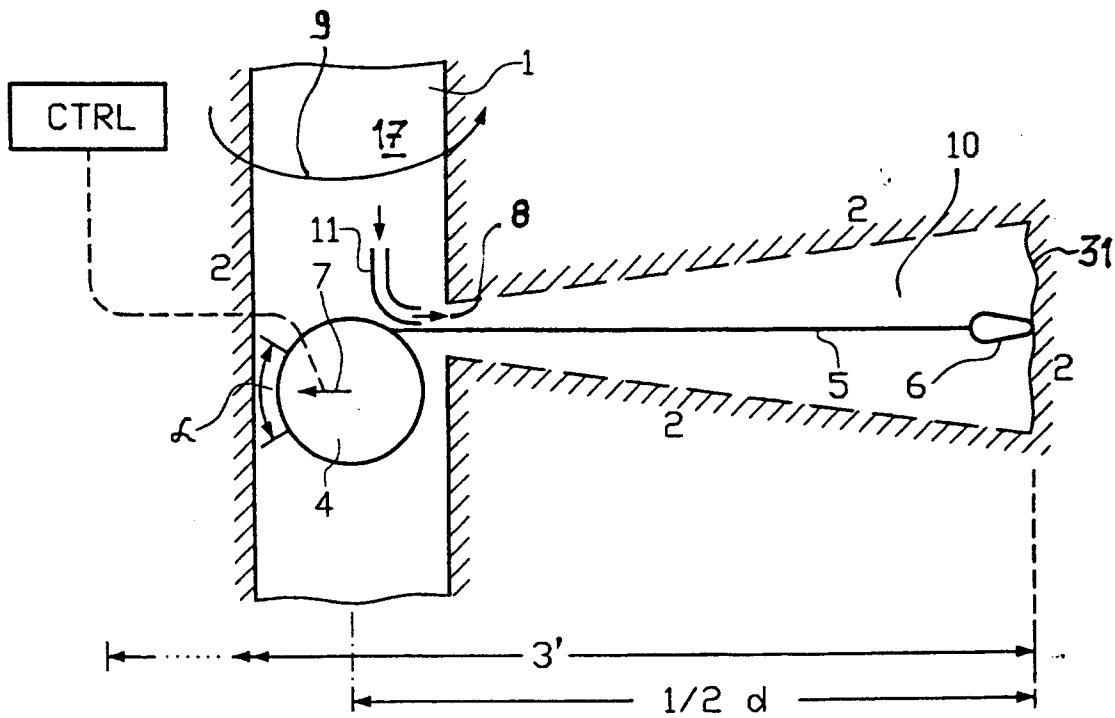
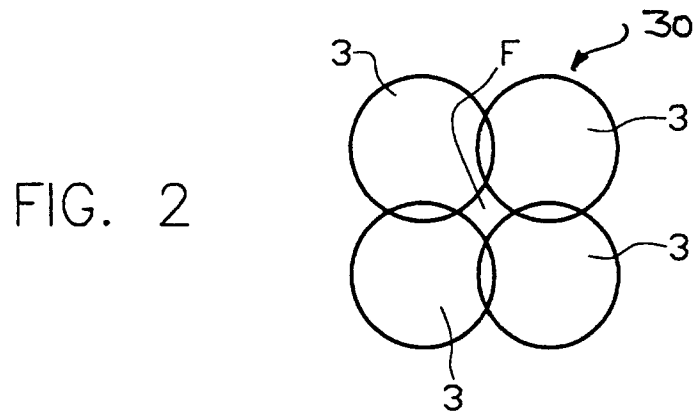
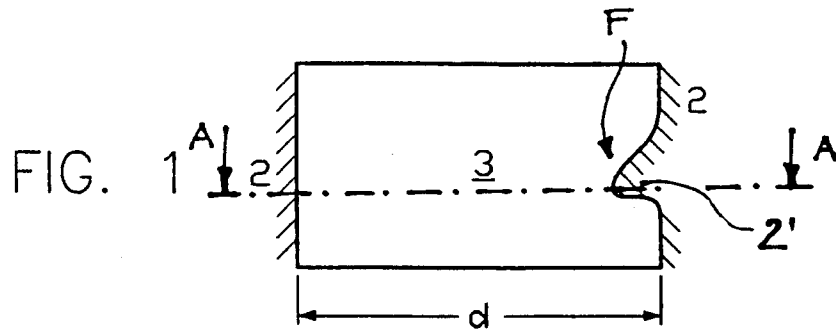


FIG. 4

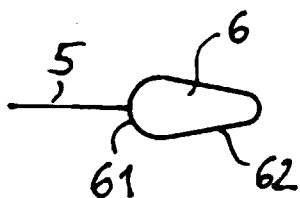


FIG. 5

