



No. 11-052177-00000-0000

Fecha: 2011-04-28 15:54:49

Dep. 2020 DIR.NUEVASCR

Tra. 2 PATENTES

Eve: 1 REGDEPOSITO

Act. 411 PRESENTACION

Folios: 113

Industria y Comercio

SUPERINTENDENCIA

IM



DELEGATURA PROPIEDAD INDUSTRIAL

SOLICITUD
REGISTRO DE PATENTE DE INVENCION

EXPEDIENTE No

11-52177

TITULO MÉTODO Y APARATO PARA CONTROLAR
EL FLUJO DE FLUIDO USACDO UN ESAMBLE
MÓVIL DESVIADOR DE FLUJO

CLASIFICACION INTERNACIONAL FOIC 100

SOLICITANTE HALLIBURTON ENERGY SERVICES,
INC.

9

DOMICILIO TEXAS, ESTADOS UNIDOS DE
AMÉRICA

APODERADO DARIO CARDENAS NAVAS

BOGOTA D.C. _____

id, ✓

PETITORIO



SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 11-052177- -00000-0000

Fecha: 2011-04-28 15:54:49 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 2 PATENTES Evt: 1 REGDEPOSITO
Act. 411 PRESENTACION Folios: 113

FORMULARIO UNICO DE SOLICITUD DE PATENTE

SOLICITUD DE:

1

☒ Patente de Invención

☐ Patente de Modelo de Utilidad

2

SOLICITANTE

Nombre: HALLIBURTON ENERGY SERVICES, INC

Dirección: 2601Beltline Road, Carrollton, Texas
75006, Estados Unidos de América

Nacionalidad o Domicilio: Texas, Estados Unidos de América

Lugar de Constitución:

Teléfono: 313 7800 Fax: 312 2410

E-mail: general@cardenasycardenas.com

IDENTIFICACION

☐ C.C.

☐ NIT

☐ C.E.

☐ Otro

Cuál
Número

3

REPRESENTANTE
O
APODERADO

Nombre: DARIO CARDENAS NAVAS

Dirección: Carrera 7 No 71-52 Torre B Piso 9

Teléfono: 312 3600 Fax: 312 2410

E-Mail: general@cardenasycardenas.com

IDENTIFICACION

☒ C.C.

☐ NIT

☐ C.E.

☐ Otro

TP.
Número 17066629 C.S.J. 1.250

INVENTOR(ES)
(72)

Nombre: 1. JASON D. DYKSTRA
2. MICHAEL L. FRIPP
3. ORLANDO DEJESUS

Dirección: 1. 3405 Hillpark Lane, Carrollton, Texas 75007, Estados Unidos de América
2. 2826 Cemetery Hill Road, Carrollton, Texas 75007, Estados Unidos de América
3. 9149 Common wealth Drive, Frisco, Texas 75034, Estados Unidos de América

Nacionalidad O Domicilio: 1. Estadounidense
2. Estadounidense
3. Venezolana

5 Título(54):

MÉTODO Y APARATO PARA CONTROLAR EL FLUJO DE FLUIDO USANDO UN ESAMBLE MÓVIL
DESVIADOR DE FLUJO

6

Clasificación Internacional (51)

EOLC 1/02

7

Prioridad

SI ☒

NO ☐

(33)País de Origen

US

(32)Fecha

29.04.2010

(31)N° de Solicitud

12/770.568

8

Para publicar a partir de la fecha de la presente solicitud a los:

☒ 6 meses ☐ 12 meses

☐ 18 meses

☐ Otro

Cuál

9

Comprobante de Pago No.:

11-0039127

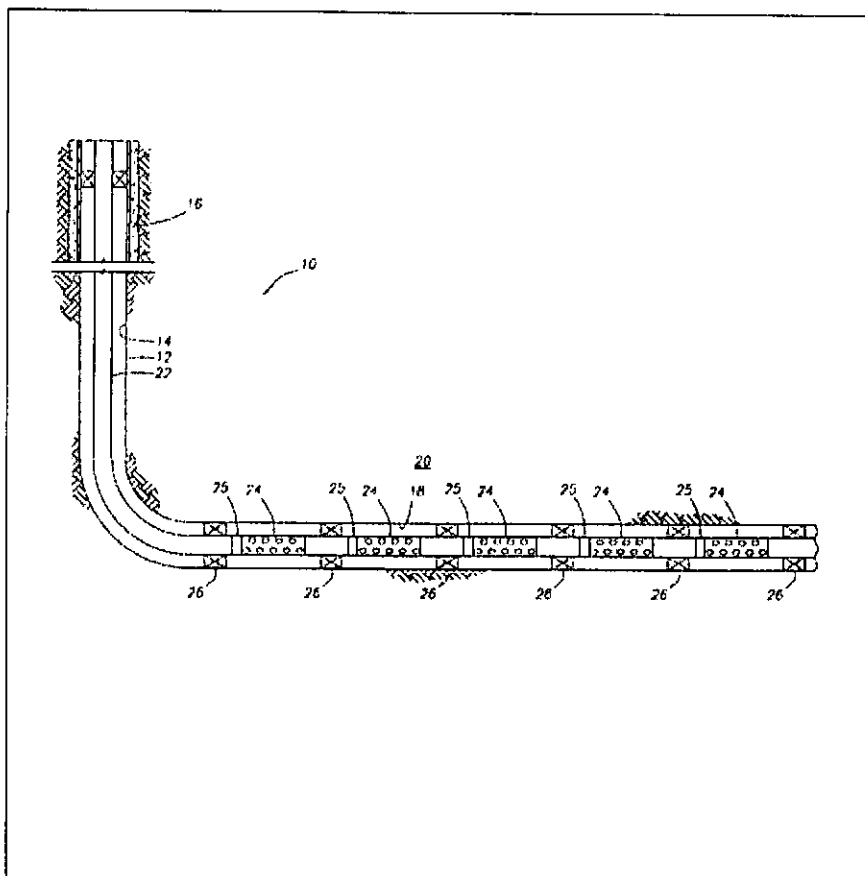
Fecha

27.04.2011

10 ANEXOS

- ☒ Comprobante de pago de la tasa de presentación de la solicitud.
- ☐ Comprobante de pago de la tasa por concepto de excedente de palabras en la publicación.
- ☒ Comprobante de pago por reivindicación de prioridad.
- ☐ Documento que acredita la existencia y representación legal cuando el solicitante sea persona jurídica.
- ☐ Poderes, si fuere el caso.
- ☐ Certificado de la fecha de presentación de la solicitud prioridad expedida por la autoridad correspondiente y una copia certificada de la primera solicitud, si se reivindica prioridad
- ☒ Traducción simple de la primera solicitud, si se reivindica prioridad.
- ☐ Documento de cesión del inventor al solicitante o a su causante.
- ☒ Resumen
- ☒ Descripción de la invención.
- ☒ Una o más reivindicaciones.
- ☒ Dibujos y/o planos necesarios.
- ☐ De ser el caso, copia del contrato de acceso.
- ☐ De ser el caso, documento que acredite la licencia o autorización de uso de conocimientos tradicionales de la comunidad de las comunidades indígenas.
- ☐ De ser el caso, certificado de depósito del material biológico.
- ☒ Arte final 12x12
- ☐ Recibo correspondiente a 39 reivindicaciones adicionales

11 FIGURA CARACTERISTICA



12 Solicito la concesión de la patente,

NOMBRE: DARIO CARDENAS NAVAS

FIRMA:

JAC.C.17066629 BTA

TP. 1250
C.S.J.

VH

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO**DIVISION DE NUEVAS CREACIONES****TARJETA ARCHIVO PROPIETARIOS**PATENTE DE INVENCION ☒ PCT ☐ MODELO DE UTILIDAD ☐ DISEÑO INDUSTRIAL ☐**Industria y Comercio**

SUPERINTENDENCIA

(21) N° de solicitud:

(22) Fecha de solicitud:

(51) Clasificación Internacional:

(71) Solicitante(s) **HALLIBURTON ENERGY SERVICES, INC**(72) Inventor(es) **JASON D. DYKSTRA, MICHAEL L. FRIPP, ORLANDO DEJESUS**(74) Apoderado: **DARIO CARDENAS NAVAS**

(30) Prioridad	(31) <i>No. Prioridad</i>	(32) <i>Fecha</i>	(33) <i>País</i>
	12/770,568	29.04.2010	US

(85) Fecha inicio fase nacional:

(86) Datos relativos a la presentación de la solicitud PCT

Fecha de presentación de la solicitud:

No. de solicitud

(54) Título **MÉTODO Y APARATO PARA CONTROLAR EL FLUJO DE FLUIDO USANDO UN ENSAMBLE MÓVIL DESVIADOR DE FLUJO**

**SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO****DIVISION DE NUEVAS CREACIONES****TARJETA ARCHIVO TEMATICO****Industria y Comercio**SUPERINTENDENCIA PATENTE DE INVENCION ☒ PCT ☐ MODELO DE UTILIDAD ☐ DISEÑO INDUSTRIAL

(21) N° de solicitud:		(22) Fecha de solicitud:	
(51) Clasificación Internacional:			
(71) Solicitante(s) HALLIBURTON ENERGY SERVICES, INC			
(72) Inventor(es) JASON D. DYKSTRA, MICHAEL L. FRIPP, ORLANDO DEJESUS			
(74) Apoderado: DARIO CARDENAS NAVAS			
(30) Prioridad	(31) No. Prioridad	(32) Fecha	(33) País
	12/770,568	29.04.2010	US
(85) Fecha limite inicio fase nacional:		(87) Publicación internacional:	
(86) Datos relativos a la presentación de la solíc. PCT		Fecha:	
Fecha de presentación de la solicitud:		No. Publicación	
No. de solicitud			

(54) Título: **MÉTODO Y APARATO PARA CONTROLAR EL FLUJO DE FLUIDO USANDO UN ENSAMBLE MÓVIL DESVIADOR DE FLUJO**

(57) Resumen:

Métodos y aparatos para controlar el flujo de fluido, tal como el fluido de formación, a través de un tubo de extracción de petróleo posicionado en un pozo que se extiende a través de una formación subterránea. El flujo de fluido se controla de manera autónoma en respuesta a un cambio de una característica del flujo de fluido, tal como la densidad o la viscosidad. En una realización, un desviador de fluido se mueve entre una posición abierta y cerrada en respuesta al cambio de la densidad del fluido y que opera para restringir el flujo de fluido a través de una entrada de ensamble de válvula. El desviador puede ser giratorio, rotatorio o moverse de cualquier otra manera en respuesta al cambio de la densidad del fluido. En una realización, el desviador se opera para controlar una relación de flujo de fluido a través de dos entradas de válvulas. La relación flujo de fluido se usa para operar un miembro de válvula para restringir el flujo de fluido a través de la válvula. En otras realizaciones, el desviador de fluido se mueve en respuesta a un cambio en el fluido para afectar los patrones de flujo de fluido en un tubo, el cambio en el patrón de flujo que opera un ensamble de válvula.

(21) N° de solicitud:				(51) Int Cl:	
22) Fecha de solicitud:				(71) Solicitante(s) HALLIBURTON ENERGY SERVICES, INC	
(30) Prioridad	(31) No. Prioridad	32) Fecha	(33) País	(72) Inventor(es)	
	12/770,568	29.04.2010	US	1. JASON D. DYKSTRA 2. MICHAEL L. FRIPP 3. ORLANDO DEJESUS	
				(74) Apoderado: DARIO CARDENAS NAVAS	
(54) Título: MÉTODO Y APARATO PARA CONTROLAR EL FLUJO DE FLUIDO USANDO UN ENSAMBLE MÓVIL DESVIADOR DE FLUJO					

Reivindicación(es):

Métodos y aparatos para controlar el flujo de fluido, tal como el fluido de formación, a través de un tubo de extracción de petróleo posicionado en un pozo que se extiende a través de una formación subterránea. El flujo de fluido se controla de manera autónoma en respuesta a un cambio de una característica del flujo de fluido, tal como la densidad o la viscosidad. En una realización, un desviador de fluido se mueve entre una posición abierta y cerrada en respuesta al cambio de la densidad del fluido y que opera para restringir el flujo de fluido a través de una entrada de ensamble de válvula. El desviador puede ser giratorio, rotatorio o moverse de cualquier otra manera en respuesta al cambio de la densidad del fluido. En una realización, el desviador se opera para controlar una relación de flujo de fluido a través de dos entradas de válvulas. La relación flujo de fluido se usa para operar un miembro de válvula para restringir el flujo de fluido a través de la válvula. En otras realizaciones, el desviador de fluido se mueve en respuesta a un cambio en el fluido para afectar los patrones de flujo de fluido en un tubo, el cambio en el patrón de flujo que opera un ensamble de válvula.

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

NIT : 800.176.089-2

- / -

Industria y Comercio SUPERINTENDENCIA	RECIBO DE CAJA	No. 11 - 0039127
		Bogotá D.C., Abril 27 de 2011 - 14:32:12

RECIBIDO DE : CARDENAS & CARDENAS ABOGADOS PI LTDA

NI 830.083.491

*** Soporte del Pago ***

TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VR. PAGO
CONSIGNACION	BANCO DE BOGOTA	062754387	430551262	27/04/2011	3.848.000.00

*** Conceptos Pagados ***

CANT.	RENTISTICO	CONCEPTO	Vr. UNDITARIO	Vr. CONCEPTO
1	50005-01-01	SOLICITUDES	571.000.00	571.000.00
		1 TRAMITES DE SOL. DE PATENTE DE INVENCIÓN		\$571.000.00
				=====

SON: **QUINIENTOS SETENTA Y UN MIL PESOS MONEDA CORRIENTE***

Responsable: _____

Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 11-052177- -00000-0000

Fecha: 2011-04-28 15:54:49 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
 Tra. 2 PATENTES Eve. 1 REGDEPOSITO
 Act. 411 PRESENTACION Folios: 113

RECIBO DE CAJA

RECIBO DE CAJA

Sede Centro: Carrera 13 No. 27 - 00 Pisos 3,4,5 y 10 Bogotá, D.C.- Colombia

Web: www.sic.gov.co e-mail: info@sic.gov.co Conmutador: (571) 5870000 Fax: (571) 5870284 Línea: 018000-910165 Call Center: (571) 6513240

Abril 27 de 2011 - 14:32:13

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

NIT : 800.176.089-2

-/-

RECIBO DE CAJA

No. 11 - 0039128

Industria y Comercio
SUPERINTENDENCIA

Bogotá D.C., Abril 27 de 2011 - 14:32:12

RECIBIDO DE : CARDENAS & CARDENAS ABOGADOS PI LTDA

NI 830.083.491

*** Soporte del Pago ***

TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VR. PAGO
CONSIGNACION	BANCO DE BOGOTA	062754387	430551262	27/04/2011	3.848.000.00

*** Conceptos Pagados ***

CANT.	RENTISTICO	CONCEPTO	VR. UNIDITARIO	VR. CONCEPTO
1	50005-01-01 SOLICITUDES	82 INVOCACION DE UNA PRIORIDAD EN NUEVAS CREACIONES	162.000.00	162.000.00
				\$162.000.00

SON: **CIENTO SESENTA Y DOS MIL PESOS MONEDA CORRIENTE**

Responsable: _____

Resibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 11-052177- -00000-0000

Fecha: 2011-04-28 15:54:49 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 2 PATENTES Eve: 1 REGDEPOSITO
Act. 411 PRESENTACION Folios: 113

ABOGADOS

Sede Centro: Carrera 13 No. 27 - 00 Pisos 3,4,5 y 10 Bogotá, D.C. - Colombia

Web: www.sic.gov.co e-mail: info@sic.gov.co Conmutador: (571) 5870000 Fax: (571) 5870284 Línea: 018000-910165 Call Center: (571) 6513240

Abril 27 de 2011 - 14:32:13

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

NIT : 800.176.089-2

- / -

RECIBO DE CAJA

No. 11 - 0039129

Industria y Comercio

SUPERINTENDENCIA

Bogotá D.C., Abril 27 de 2011 - 14:32:12

RECIBIDO DE : CARDENAS & CARDENAS ABOGADOS PI LTDA

NI 830.083.491

*** Soporte del Pago ***

TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VR. PAGO
CONSIGNACION	BANCO DE BOGOTA	062754387	430551262	27/04/2011	3.848.000.00

*** Conceptos Pagados ***

CANT.	RENTISTICO	CONCEPTO	VR. UNITARIO	VR. CONCEPTO
39 50005-01-01	SOLICITUDES	1607 REIVINDICACION UNITARIA ADICIONAL A LAS 10 INICIALES	27.000.00	1.053.000.00
				<u>\$1.053.000.00</u>

SON: **UN MILL&OACUTE;N CINCUENTA Y TRES MIL PESOS MONEDA CORRIENTE**

Responsable: _____

Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 11-052177- -00000-0000

Fecha: 2011-04-28 15:54:49 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 2 PATENTES Eve: 1 REGDEPOSITO
Act. 411 PRESENTACION Folios: 113

CARDENAS & CARDENAS

ABOGADOS

Sede Centro: Carrera 13 No. 27 - 00 Pisos 3,4,5 y 10 Bogotá, D.C.- Colombia

Web: www.sic.gov.co e-mail: info@sic.gov.co Conmutador: (571) 5870000 Fax: (571) 5870284 Línea: 018000-910165 Call Center: (571) 6513240

Abril 27 de 2011 - 14 32:13

RESUMEN

Métodos y aparatos para controlar el flujo de fluido, tal como el fluido de formación, a través de un tubo de extracción de petróleo posicionado en un pozo que se extiende a través de una formación subterránea. El flujo de fluido se controla de manera autónoma en respuesta a un cambio de una característica del flujo de fluido, tal como la densidad o la viscosidad. En una realización, un desviador de fluido se mueve entre una posición abierta y cerrada en respuesta al cambio de la densidad del fluido y que opera para restringir el flujo de fluido a través de una entrada de ensamble de válvula. El desviador puede ser giratorio, rotatorio o moverse de cualquier otra manera en respuesta al cambio de la densidad del fluido. En una realización, el desviador se opera para controlar una relación de flujo de fluido a través de dos entradas de válvulas. La relación flujo de fluido se usa para operar un miembro de válvula para restringir el flujo de fluido a través de la válvula. En otras realizaciones, el desviador de fluido se mueve en respuesta a un cambio en el fluido para afectar los patrones de flujo de fluido en un tubo, el cambio en el patrón de flujo que opera un ensamble de válvula.

MÉTODO Y APARATO PARA CONTROLAR EL FLUJO DE FLUIDO USANDO UN ENSAMBLE MÓVIL DESVIADOR DE FLUJO

5 REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUDES RELACIONADAS

Ninguna.

CAMPO DE LA INVENCION

10 La invención se refiere a los métodos y aparatos para controlar el flujo de fluido en un pozo subterráneo que tiene un mecanismo de control de flujo móvil el cual actúa en respuesta a un cambio de una característica del flujo de fluido.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

15 Durante la terminación de un pozo que atraviesa una formación subterránea, se instalan varios equipos y tuberías de producción en el pozo para permitir la producción eficiente y segura de los fluidos de formación. Por ejemplo, para controlar la tasa de flujo de los fluidos de producción en el interior de la tubería de producción es una práctica común instalar uno o más dispositivos de control de afluencia dentro de la cadena de tuberías.

20 Las formaciones frecuentemente producen múltiples componentes en el fluido de producción, a saber, gas natural, petróleo, y agua. Frecuentemente se desea reducir o evitar la producción de un componente en favor de otro. Por ejemplo, en un pozo de producción de petróleo, se puede desear minimizar la producción de gas natural y maximizar la producción de petróleo. A pesar de que se han utilizado varias herramientas pozo abajo para la separación de
25 fluidos y para el control de los fluidos de producción, ha surgido una necesidad de un dispositivo para controlar la afluencia de los fluidos de formación. Adicionalmente, ha surgido una necesidad de que dicho dispositivo de control de flujo de fluido sea sensible a los cambios en las características del flujo de fluido que cambian con el paso del tiempo durante la vida del pozo y sin requerir la intervención del operador.

30

SUMARIO

Métodos y aparatos para controlar el flujo de fluido, tal como el fluido de formación, a través de un tubo de extracción de petróleo posicionado en un pozo que se extiende a través de una formación subterránea. El flujo de fluido se controla de manera autónoma en respuesta al cambio de una característica del flujo de fluido, tal como la densidad. En una realización, un desviador de fluido se mueve entre una posición abierta y cerrada en respuesta al cambio de la densidad del fluido y que opera para restringir el flujo de fluido a través de una entrada de ensamble de válvula. El desviador puede ser giratorio, rotatorio o moverse de cualquier otra manera en respuesta al cambio de la densidad del fluido. En una realización, el desviador se opera para controlar una relación de flujo de fluido a través de dos entradas de válvulas. La relación flujo de fluido se usa para operar un miembro de válvula para restringir el flujo de fluido a través de la válvula. En otras realizaciones, el desviador de fluido se mueve en respuesta a los cambios de densidad en el fluido para afectar los patrones de flujo de fluido en un tubo, el cambio en el patrón de flujo que opera un ensamble de válvula.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para una comprensión más completa de las características y ventajas de la presente invención, se hace ahora referencia a la descripción detallada de la invención junto con las figuras acompañantes en las cuales los números correspondientes en las diferentes figuras se refieren a las partes correspondientes y en las que:

La Figura 1 es una ilustración esquemática de un sistema de pozo que incluye una pluralidad de ensambles de control de fluido autónomos de acuerdo a la presente invención;

La Figura 2 es una vista lateral en sección transversal parcial de una realización del aparato de control de fluido que tiene brazos desviadores que giran y en un fluido de mayor densidad de acuerdo a un aspecto de la invención;

La Figura 3 es una vista lateral en sección transversal parcial de una realización del aparato de control de fluido que tiene brazos desviadores que giran y en un fluido de menor densidad de acuerdo a un aspecto de la invención;

La Figura 4 es una vista lateral detallada en sección transversal de un ensamble de válvula de fluido ejemplar de acuerdo a un aspecto de la invención;

La Figura 5 es una vista posterior tomada a lo largo de la línea A-A de la Figura 4;

La Figura 6 es una vista inferior en sección transversal del ensamble de válvula de la Figura 2 con el miembro de válvula en la posición cerrada (el aparato en un fluido de una densidad relativamente alta);

5 La Figura 7 es una vista inferior en sección transversal del ensamble de válvula de la Figura 3 con el miembro de válvula en la posición abierta (en un fluido de una densidad relativamente baja);

La Figura 8 es una vista ortogonal de un aparato de control de flujo de fluido que tiene la configuración del desviador de acuerdo a la Figura 2;

10 La Figura 9 es una vista superior de otra realización del aparato de control de fluido que tiene un desviador rotatorio de acuerdo a un aspecto de la invención;

La Figura 10 es una vista ampliada del aparato de control de fluido de la Figura 9;

La Figura 11 es un diagrama de flujo esquemático que tiene un extremo del dispositivo de control de flujo usado junto con el aparato de control de fluido de acuerdo a un aspecto de la
15 invención;

La Figura 12 es una vista lateral en sección transversal del aparato de control de fluido de la Figura 9 con el desviador mostrado en la posición cerrada con el aparato en el fluido de menor densidad;

La Figura 13 es una vista lateral en sección transversal del aparato de control de fluido de
20 la Figura 9 con el aparato en el fluido de mayor densidad;

La Figura 14 es una vista detallada en sección transversal del aparato de control de fluido de la Figura 9;

La Figura 15 es un esquema que ilustra los principios de la flotabilidad;

La Figura 16 es un dibujo esquemático que ilustra el efecto de la flotabilidad de los
25 objetos de densidad y volumen diferentes sumergidos en el fluido aire;

La Figura 17 es un dibujo esquemático que ilustra el efecto de la flotabilidad de los objetos de densidad y volumen diferentes sumergidos en el fluido gas natural;

La Figura 18 es un dibujo esquemático que ilustra el efecto de la flotabilidad de los objetos de densidad y volumen diferentes sumergidos en el fluido petróleo;

La Figura 19 es un dibujo esquemático de una realización de la invención que ilustra las posiciones y la flotabilidad relativas en fluidos de diferentes densidades relativas;

La Figura 20 es un dibujo esquemático de una realización de la invención que ilustra las posiciones y la flotabilidad relativas en fluidos de diferentes densidades relativas;

5 La Figura 21 es una vista superior de otra realización del aparato de control de fluido que tiene un desviador rotatorio que cambia la dirección del flujo de acuerdo a un aspecto de la invención.

La Figura 22 muestra el aparato de la Figura 21 en la posición donde el flujo de fluido se restringe mínimamente.

10 Las Figuras de la 23 a la 26 son vistas laterales en sección transversal del mecanismo de cierre de la Figura 21.

La Figura 27 es una vista lateral en sección transversal de otra realización del aparato de control de fluido que tiene un ensamble de resistencia accionado por flujo rotatorio, mostrado en una posición abierta, de acuerdo a un aspecto de la invención; y

15 La Figura 28 es una vista lateral en sección lateral de la realización observada en la Figura 27 que tiene un ensamble de resistencia accionado por flujo rotatorio, mostrado en una posición cerrada.

Se debe entender por los expertos en la materia que el uso de los términos direccionales tal como encima, debajo, superior, inferior, hacia arriba, hacia abajo y similares se usan en
20 relación a las realizaciones ilustrativas cuando estas se representan en las Figuras, la dirección hacia arriba siendo hacia la parte superior de la Figura correspondiente y la dirección hacia abajo siendo hacia la parte inferior de la Figura correspondiente. Cuando este no sea el caso y se use un término para indicar una orientación requerida, la Descripción lo establecerá o lo dejará claro ya sea explícitamente o a partir del contexto. Aguas arriba y aguas abajo se usan para indicar
25 localización o dirección en relación a la superficie, donde aguas arriba indica el movimiento o la posición relativa hacia la superficie a lo largo del pozo y aguas abajo indica el movimiento o la posición relativa lejos de la superficie a lo largo del pozo.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS

A pesar de que la realización y el uso de las varias realizaciones de la presente invención se discuten en detalle a continuación, un experto en la materia apreciará que la presente invención proporciona conceptos inventivos aplicables los cuales se pueden realizar en una variedad de contextos específicos. Las realizaciones específicas discutidas en la presente se
5 ilustran de maneras específicas para realizar y usar la invención y no para limitar el alcance de la presente invención.

La Figura 1 es una ilustración esquemática de un sistema de pozo, indicado generalmente como 10, que incluye una pluralidad de ensambles de control de fluido accionados por densidad autónomos que abarcan los principios de la presente invención. Un pozo 12 se extiende a través
10 de varios estratos de la tierra. El pozo 12 tiene una sección sustancialmente vertical 14, la porción superior de esta se ha instalado dentro de una cadena de cubiertas 16. El pozo 12 también tiene una sección sustancialmente desviada 18, mostrada de manera horizontal, que se extiende a través de una formación subterránea que tiene hidrocarburos 20.

Una cadena de tuberías 22 se posiciona dentro del pozo 12 y se extiende desde la
15 superficie. La cadena de tuberías 22 proporciona un conducto para que los fluidos de formación viajen desde la formación 20 aguas arriba hasta la superficie. Una pluralidad de ensambles de control de fluido 25 y una pluralidad de secciones tubulares de producción 24 se posicionan dentro de la cadena de tuberías 22 en los varios intervalos de producción adyacentes a la formación 20. En cualquier lado de cada uno de los tubos de producción 24 está un empacador
20 26 que proporciona un sello de fluido entre la cadena de tuberías 22 y la pared del pozo 12. Cada par de empacadores adyacentes 26 define un intervalo de producción.

En la realización ilustrada, cada una de las secciones tubulares de producción 24 proporciona una capacidad de control de arena. Los elementos tamiz o los medios de filtración de control de arena asociados con las secciones tubulares de producción 24 se diseñan para
25 permitir que los fluidos fluyan a través de ellos pero para evitar que la materia en partículas de suficiente tamaño fluya a través de ellos. El diseño exacto del elemento tamiz asociado con el dispositivo de control de flujo de fluido 24 no es crítico para la presente invención siempre que se diseñe adecuadamente para las características de los fluidos de formación y para cualquier operación de tratamiento a realizar.

El término "gas natural" como se usa en la presente significa una mezcla de hidrocarburos (y cantidades variables de no hidrocarburos) que existen en una fase gaseosa a temperatura y presión ambiente. El término no indica que el gas natural se encuentra en una fase gaseosa en la localización pozo abajo de los sistemas de la invención. En efecto, se debe
5 entender que el sistema de control de flujo es para su uso en localizaciones donde la presión y la temperatura son tales que el gas natural estará, en su mayoría, en estado licuado aunque otros componentes pueden estar presentes y algunos componentes pueden estar en un estado gaseoso. El concepto inventivo funcionará con líquidos o gases, o cuando ambos estén presentes.

El fluido de formación que fluye dentro del tubo de producción 24 típicamente
10 comprende más de un componente de fluido. Los componentes típicos son el gas natural, el petróleo, el agua, el vapor o el dióxido de carbono. El vapor, el agua, y el dióxido de carbono se usan comúnmente como fluidos de inyección para conducir el hidrocarburo hacia el tubo de producción, mientras que el gas natural, el petróleo y el agua típicamente se encuentran *in situ* en la formación. La proporción de estos componentes en el fluido de formación que fluye dentro del
15 tubo de producción variará con el paso del tiempo y en base a las condiciones dentro de la formación y del pozo. Igualmente, la composición del fluido que fluye dentro de las varias secciones de tuberías de producción a lo largo de la longitud de la cadena de producción total puede variar significativamente de una sección a otra. El aparato de control de fluido se diseña para restringir la producción a partir de un intervalo, cuando esta tiene una mayor proporción de
20 un componente no deseado, basado en la densidad relativa del fluido.

En consecuencia, cuando un intervalo de producción correspondiente a un ensamble de control de fluido particular produce una mejor proporción de un componente de fluido no deseado, el aparato de control de fluido, en ese intervalo, restringirá el flujo de producción de ese intervalo. Por lo tanto, los otros intervalos de producción, los cuales están produciendo una
25 mejor proporción del componente de fluido deseado, por ejemplo petróleo, contribuirán más a la corriente de producción que entra a la cadena de tuberías 22. A través del uso de los ensambles de control de fluido 25 de la presente invención y proporcionando numerosos intervalos de producción, es posible el control sobre el volumen y la composición de los fluidos producidos. Por ejemplo, en una operación de producción de petróleo si un componente no deseado del fluido

de producción, tales como agua, vapor, dióxido de carbono o gas natural, está entrando en uno de los intervalos de producción en un porcentaje mayor que el porcentaje meta, el aparato de control de fluido en ese intervalo restringirá, de manera autónoma, la producción de fluido de formación de ese intervalo, basado en el cambio de densidad cuando los componentes están presentes en una cantidad mayor que la cantidad meta.

El aparato de control de fluido actúa en respuesta a cambios de la densidad del fluido *in situ*. El aparato se diseña para restringir el flujo de fluido cuando el fluido alcanza una densidad meta. La densidad se puede elegir para restringir el flujo del fluido cuando se alcanza un porcentaje meta de un componente no deseado. Por ejemplo, se puede desear permitir la producción de fluido de formación donde el fluido se compone del 80 por ciento de petróleo (o más) con una composición correspondiente del 20 por ciento (o menos) de gas natural. El flujo se restringe si el fluido cae por debajo del porcentaje de petróleo meta. Por lo tanto, la densidad meta es la densidad del fluido de producción de una composición de 80 por ciento de petróleo y 20 por ciento de gas natural. Si la densidad del fluido se hace demasiado baja, el flujo es restringido por el mecanismo explicado en la presente. De manera equivalente, un fluido de mayor densidad no deseada se pudiera restringir mientras que se produce un fluido de menor densidad deseada.

A pesar de que la Figura 1 representa los ensambles de control de fluido de la presente invención en un entorno de pozo abierto, se debe entender por los expertos en la materia que la invención es igualmente bien adecuada para su uso en pozos recubiertos. También a pesar de que la Figura 1 representa un aparato de control de fluido en cada intervalo de producción, se debe entender que cualquier número de aparatos de la presente invención se puede utilizar dentro de un intervalo de producción sin apartarse de los principios de la presente invención.

Adicionalmente, se prevé que el aparato de control de fluido se pueda usar junto con otros dispositivos pozo abajo que incluyen dispositivos de control de afluencia (ICD) y ensambles de tamices. Los dispositivos de control de afluencia y los ensambles de tamices no se describen en detalles en la presente, se conocen en la materia, y están comercialmente disponibles de Halliburton Energy Services, Inc. entre otros.

Además, la Figura 1 representa el aparato de control de fluido de la presente invención en una sección desviada del pozo el cual se ilustra como un pozo horizontal. Se debe entender por los expertos en la materia que los aparatos de la presente invención son adecuados para su uso en pozos desviados, que incluye pozos horizontales, así como también pozos verticales. Como se
5 usa en la presente, "pozos desviados" se refieren a los pozos los cuales se perforan intencionalmente fuera de la dirección vertical.

La Figura 2 muestra una realización de un aparato de control de fluido 25 para controlar el flujo de fluidos en un tubo pozo abajo. Para propósitos de la discusión, el aparato ejemplar se discutirá en funcionamiento para controlar la producción de fluido de formación, restringiendo la
10 producción de fluido de formación con una mayor proporción de gas natural. El aparato de control de flujo 25 es accionado por el cambio en la densidad del fluido de formación. El aparato de control de fluido 25 se puede usar a lo largo de la longitud de un pozo en una corriente de producción para proporcionar control de fluido en una pluralidad de localizaciones. Esto puede ser ventajoso, por ejemplo, para igualar el flujo de producción de petróleo en situaciones donde
15 se espera una tasa de flujo mayor en el talón de un pozo horizontal que en la punta del pozo.

El aparato de control de fluido 25 restringe de manera efectiva la afluencia de un fluido no deseado mientras que permite el flujo mínimamente restringido de un fluido deseado. Por ejemplo, el aparato de control de fluido 25 se puede configurar para restringir el flujo de fluido de formación cuando el fluido se compone de un porcentaje pre-seleccionado de gas natural, o
20 donde la densidad del fluido de formación es menor que una densidad meta. En dicho caso, el aparato de control de fluido selecciona la producción de petróleo sobre la producción de gas, restringiendo de manera efectiva la producción de gas.

La Figura 2 es una vista lateral en sección transversal parcial de una realización del aparato de control de fluido 25 para su uso en un tubo de extracción de petróleo posicionado en
25 un pozo que se extiende a través de una formación subterránea. El aparato de control de fluido 25 incluye dos ensambles de válvula 200 y el ensamble desviador de fluido 100. El ensamble desviador de fluido 100 tiene un desviador de fluido 101 con dos brazos desviadores 102. Los brazos desviadores 102 se conectan unos con otros y giran alrededor de una unión de giro 103. El desviador 101 se fabrica a partir de una sustancia de una densidad seleccionada para accionar los

brazos desviadores 102 cuando el fluido pozo abajo alcanza una densidad pre-seleccionada. El desviador se puede hacer de plástico, caucho, materiales compuestos, metal, otros materiales, o una combinación de estos materiales.

Los brazos desviadores de fluido 102 se usan para seleccionar la manera en que el flujo de fluido se divide entre la entrada inferior 204 y la entrada superior 206 del ensamble de válvula 200 y por lo tanto para controlar el flujo de fluido a través del tubo. El desviador de fluido 101 es accionado por el cambio en la densidad del fluido en el cual se sumerge y por el cambio correspondiente en la flotabilidad del desviador 101. Cuando la densidad del desviador 101 es mayor que la del fluido, el desviador se "hundirá" hasta la posición mostrada en la Figura 2, conocida como la posición cerrada mientras que el ensamble de válvula 200 está cerrado (restringiendo el flujo) cuando los brazos desviadores 102 están en esta posición. En la posición cerrada, los brazos desviadores 102 giran hacia abajo posicionando los extremos de los brazos 102 próximos a la entrada 204. Si la densidad del fluido de formación aumenta hasta una densidad mayor que la del desviador 101, el cambio accionará el desviador 101, provocando que este "flote" y moviendo el desviador 101 hasta la posición mostrada en la Figura 3. El aparato de control de fluido está en una posición abierta en la Figura 3 mientras que el ensamble de válvula 200 está abierto cuando los brazos desviadores están en la posición mostrada.

Los brazos que dividen el fluido operan sobre la diferencia en la densidad del fluido pozo abajo en el tiempo. Por ejemplo, la flotabilidad de los brazos desviadores es diferente en un fluido compuesto principalmente de petróleo frente a un fluido compuesto principalmente de gas natural. De manera similar, la flotabilidad cambia en el petróleo frente al agua, el agua frente al gas, etc. Los principios de flotabilidad se explican más detalladamente en la presente con respecto a las Figuras 15-20. Los brazos se moverán entre las posiciones abierta y cerrada en respuesta a la densidad cambiante del fluido. En la realización observada en la Figura 2, el material del desviador de 101 es de una densidad mayor que la del fluido pozo abajo típico y permanecerá en la posición mostrada en la Figura 2 a pesar de la densidad del fluido. En dicho caso, un mecanismo de presión 106 se puede usar, mostrado aquí como un resorte plano, para compensar los efectos gravitacionales de manera que los brazos desviadores 102 se moverán hasta la posición abierta a pesar de que los brazos desviadores sean más densos que el fluido

pozo abajo, tal como el petróleo. Se pueden emplear otros mecanismos de presión como los conocidos en la materia tales como, pero sin limitarse a, contrapesos, otros tipos de resortes, etc., y los mecanismos de presión se pueden posicionar en otras localizaciones, tal como en o cerca de los extremos de los brazos desviadores. Aquí, el resorte de presión 106 se conecta a los dos
5 brazos desviadores 102, que entonces tienden a girar hacia arriba y hacia la posición observada en la Figura 3. El mecanismo de presión y la fuerza que este ejerce se seleccionan de manera que los brazos desviadores 102 se muevan hasta la posición observada en la Figura 3 cuando el fluido alcanza una densidad pre-seleccionada. La densidad de los brazos desviadores y la fuerza del resorte de presión se seleccionan para resultar en el accionamiento de los brazos desviadores
10 cuando el fluido en el cual el aparato se sumerge alcanza una densidad pre-seleccionada.

El ensamble de válvula 200 observado en la Figura 2 se muestra en detalles en la vista en sección transversal de la Figura 4. El ensamble de válvula mostrado es de tipo ejemplar y los detalles y la configuración de la válvula se puede alterar sin apartarse del espíritu de la invención. El ensamble de válvula 200 tiene una carcasa de válvula 202 con una entrada inferior
15 204, una entrada superior 206, y una salida 208. La cámara de válvula 210 contiene un miembro de la válvula 212 operable para restringir el flujo de fluido a través de la salida 208. Un miembro de válvula ejemplar 212 comprende un extremo o brazo accionado por presión 218 y un extremo o brazo tapón 216 para restringir el flujo a través de la salida 208. El miembro de válvula 212 se monta en la carcasa de válvula 202 para rotar alrededor del pivote 214. En la posición cerrada, el
20 extremo tapón 216 del miembro de válvula se aproxima a y restringe el flujo de fluido a través de la salida 208. El extremo tapón puede restringir o detener el flujo.

El ensamble de válvula ejemplar 200 incluye un conversor venturi de presión para aumentar la presión de accionamiento del ensamble de válvula. Basado en principio de Bernoulli, suponiendo otras propiedades con las que el flujo se mantiene constante, la presión
25 estática disminuirá cuando la velocidad del flujo aumente. Una relación de flujo de fluido se crea entre las dos entradas 204 y 206 usando los brazos desviadores 102 para restringir el flujo a través de una de las entradas de fluido del ensamble de válvula, reduciendo de esta manera el flujo de fluido volumétrico a través de esa entrada. Las entradas 204 y 206 tienen restricciones venturi en las mismas para aumentar el cambio de presión en cada puerto de presión 224 y 226.

El conversor venturi de presión permite que la válvula tenga una presión diferencial pequeña en las entradas pero una presión diferencial más grande se puede usar para abrir y cerrar el ensamble de válvula 200.

La Figura 5 es una vista posterior en sección transversal tomada a lo largo de la línea A-A de la Figura 4. Los puertos de presión 224 y 226 se observan en la vista en sección transversal. El puerto de presión superior 226 comunica la presión del fluido desde la entrada superior 206 hacia un lado de la cámara de válvula 210. De manera similar, el puerto de presión inferior 224 comunica la presión, medida en la entrada inferior 204, hacia el lado opuesto de la cámara de válvula 210. La diferencia en la presión acciona el brazo accionado por presión 218 del miembro de válvula 212. El brazo accionado por presión 218 será empujado por el lado de mayor presión, o succionado por el lado de presión inferior, y gira en consecuencia.

Las Figuras 6 y 7 son vistas inferiores en sección transversal del ensamble de válvula observado en las Figuras 2 y 3. La Figura 6 muestra el ensamble de válvula en una posición cerrada con los brazos desviadores de fluido 102 en la posición cerrada correspondiente como se observa en la Figura 2. El brazo desviador 102 se posiciona para restringir el flujo de fluido dentro de la entrada inferior 204 del ensamble de válvula 200. Una tasa de flujo relativamente más grande se produce en la entrada superior 206. La diferencia en la tasa de flujo y la diferencia resultante en la presión del fluido se usan, mediante los puertos de presión 224 y 226, para accionar el brazo accionado por presión 218 del miembro de válvula 212. Cuando el brazo desviador 102 está en la posición cerrada, este restringe el flujo de fluido dentro de la entrada inferior 204 y permite el flujo relativamente mayor en la entrada superior 206. Una presión relativamente menor se transmite de esta manera a través del puerto de presión superior 226 mientras que una presión relativamente mayor se transmite a través del puerto de presión inferior 224. El brazo accionado por presión 218 es accionado por esta diferencia de presión y empujado hacia el lado de baja presión de la cámara de válvula 210 hasta la posición cerrada observada en la Figura 6. El miembro de válvula 212 rota alrededor del pivote 214 y el extremo tapón 216 del miembro de válvula 212 se mueve próximo a la salida 208, restringiendo de esta manera el flujo de fluido a través del ensamble de válvula 200. En un pozo de producción, el fluido de formación

que fluye desde la formación y dentro del ensamble de válvula se restringe de esta manera de fluir dentro de la cadena de producción y hasta la superficie.

Un mecanismo de presión 228, tal como un resorte o un contrapeso, se puede emplear para presionar el miembro de válvula 212 hacia una posición. Como se muestra, el resorte plano presiona el miembro 212 hacia la posición abierta como se observa en la Figura 7. Otros dispositivos se pueden emplear en el ensamble de válvula, tal como el diafragma 230 para controlar o evitar que el flujo de fluido o la presión actúen sobre las porciones de ensamble de válvula o para controlar o evitar finos que interfieran con el movimiento del pivote, 214. Adicionalmente, las realizaciones alternas para el ensamble de válvula serán evidentes para los expertos en la materia. Por ejemplo, se pueden emplear diseños de fuelles, globos de presión, y miembros alternos de válvula.

La Figura 7 es una vista inferior en sección transversal del ensamble de válvula 200 observado en una posición abierta correspondiente a la Figura 3. En la Figura 7, el brazo desviador 102 está en una posición abierta con el brazo desviador 102 próximo la entrada superior 206 y restringiendo el flujo de fluido dentro de la entrada superior. Una tasa de flujo mayor se produce en la entrada inferior 204. La diferencia de presión resultante en las entradas, cuando se mide a través de puertos de presión 224 y 226, resulta en el accionamiento y movimiento del miembro de válvula 212 hasta la posición abierta. El brazo accionado por presión del miembro 212 se tira hacia el puerto de presión 224, haciendo girar el miembro de válvula 212 y moviendo el extremo tapón 216 lejos de la salida 208. El fluido fluye libremente a través del ensamble de válvula 200 y dentro de la corriente de producción y hasta la superficie.

La Figura 8 es una vista ortogonal de un ensamble de control de fluido 25 en una carcasa 120 y conectado a una cadena de tuberías de producción 24. En esta realización, la carcasa 120 es un tubo pozo abajo con aberturas 114 para permitir el flujo de fluido dentro de la abertura interior de la carcasa. El fluido de formación fluye desde la formación dentro del pozo y después a través de las aberturas 114. La densidad del fluido de formación determina el comportamiento y accionamiento de los brazos desviadores de fluido 102. Después el fluido de formación fluye dentro de los ensambles de válvula 200 sobre cualquier extremo del ensamble 25. El fluido fluye desde el aparato de control de fluido hasta el conducto interior 27 que conduce hacia el interior

de la tubería de producción no mostrada. En la realización preferida observada en las Figuras 2-8, el ensamble de control de fluido tiene un ensamble de válvula 200 en cada extremo. El fluido de formación que fluye a través de los ensambles se puede redirigir dentro de la cadena de producción, o el fluido de formación del extremo aguas abajo se puede hacer fluir a otro lugar, tal como de regreso dentro del pozo.

El diseño del brazo doble y del ensamble de válvula doble observado en las figuras se puede sustituir con un diseño de brazo simple y de ensamble de válvula simple. Una carcasa alternativa 120 se observa en las Figuras 6 y 7 donde la carcasa comprende una pluralidad de varillas que se conectan a las dos carcasas de ensamble de válvula 202.

Note que la realización, como se observa en las Figuras 2-8, se puede modificar para restringir la producción de varios fluidos cuando la composición y la densidad del fluido cambian. Por ejemplo, la realización se puede diseñar para restringir la producción de agua mientras que permite la producción de petróleo, restringir la producción de petróleo mientras que permite la producción de gas natural, restringir la producción de agua mientras que permite la producción de gas natural, etc. El ensamble de válvula se puede diseñar de manera que la válvula esté abierta cuando el desviador está en una posición superior o "flotante", como se observa en la Figura 3, o se puede diseñar para abrirse cuando el desviador está en una posición inferior o "hundida", como se observa en la Figura 2, dependiendo de la aplicación. Por ejemplo, para seleccionar la producción de gas natural sobre la producción de agua, el ensamble de válvula se diseña para cerrarse cuando el desviador se eleva debido a su flotabilidad en la densidad relativamente mayor del agua, hasta la posición observada en la Figura 3.

Adicionalmente, la realización se puede emplear en otros procesos además de la producción de un pozo de hidrocarburo. Por ejemplo, el dispositivo se puede utilizar durante la inyección de fluidos dentro de un pozo para seleccionar la inyección de vapor sobre agua basado en las densidades relativas de estos fluidos. Durante los procesos de inyección, frecuentemente se combinan agua caliente y vapor y existen en relaciones variables en el fluido de inyección. Frecuentemente el agua caliente se hace circular pozo abajo hasta que el pozo ha alcanzado las condiciones de temperatura y presión deseadas para proporcionar principalmente vapor para la inyección dentro de la formación. Típicamente no se desea inyectar agua caliente dentro de la

formación. Consecuentemente, el aparato de control de flujo 25 se puede utilizar para seleccionar la inyección de vapor (u otro fluido de inyección) sobre la inyección de agua caliente u otros fluidos menos deseables. El desviador actuará basado en la densidad relativa del fluido de inyección. Cuando el fluido de inyección tiene una proporción de agua no deseable y consecuentemente una densidad relativamente mayor, el desviador flotará hasta la posición observada en la Figura 3, restringiendo de esta manera el flujo de fluido de inyección dentro de la entrada superior 206 del ensamble de válvula 200. La presión diferencial resultante entre las entradas superior e inferior 204 y 206 se utiliza para mover el ensamble de válvula hasta una posición cerrada, restringiendo de esta manera el flujo del fluido no deseado a través de la salida 208 y de la formación. Cuando el fluido de inyección cambia a una mayor proporción de vapor, con un cambio consecuente a una menor densidad, el desviador se moverá hasta la posición opuesta, reduciendo de esta manera la restricción sobre el fluido que va a la formación. Los métodos de inyección descritos anteriormente se describen para la inyección de vapor. Se debe entender que se puede utilizar el dióxido de carbono u otro fluido de inyección.

La Figura 9 es una vista superior de otra realización de un aparato de control de fluido 325 que tiene un desviador que rota 301. El ensamble de control de fluido 325 incluye un ensamble desviador de fluido 300 con un desviador de fluido móvil 301 y dos ensambles de válvula 400 en cualquier extremo del ensamble desviador.

El desviador 301 se monta para un movimiento rotacional en respuesta a los cambios en la densidad del fluido. El desviador ejemplar 301 mostrado es semi-circular a lo largo de su sección transversal, la mayoría de su longitud con porciones con secciones transversales circulares en cualquier extremo. La realización se describirá para su uso seleccionando la producción de un fluido de mayor densidad, tal como petróleo, y restringiendo la producción de un fluido de densidad relativamente menor, tal como gas natural. En dichos caso, el desviador es “lastrado” por porciones de contrapeso de alta densidad 306 hechas de material con densidad relativamente alta, tal como acero u otro metal. La porción 304, mostrada en una realización ejemplar con sección transversal semi-circular, se hace de un material de densidad relativamente menor, tal como plástico. La porción del desviador 304 es más flotante que las porciones de contrapeso 306 en un fluido más denso, provocando que el desviador rote a la posición abierta o

superior observada en la Figura 10. De manera inversa, en un fluido de densidad relativamente menor, tal como gas natural, la porción del desviador 304 es menos flotante que las porciones de contrapeso 306, y el desviador 301 rota hacia una posición cerrada como se observa en la Figura 9. Un elemento de presión, tal como un elemento de presión basado en un resorte, se puede usar en lugar del contrapeso.

La Figura 10 es una vista ampliada detallada del ensamble de control de fluido de la Figura 9. En la Figura 10, el selector o desviador de fluido 301 rota dentro desde una posición abierta, tal como cuando el ensamble se sumerge en un fluido con una densidad relativamente alta, tal como petróleo. En un fluido de mayor densidad, la porción de menor densidad 304 del desviador 301 es más flotante y tiende a "flotar." En dicho caso, la porción de menor densidad 304 puede ser de una menor densidad que el fluido. Sin embargo, no se requiere que la porción de menor densidad 304 sea menos densa que el fluido. En lugar de esto, las porciones de alta densidad 306 del desviador 301 pueden servir como un contrapeso o miembro de presión.

El desviador 301 rota alrededor de su eje longitudinal 309 hasta la posición abierta como se observa en la Figura 10. Cuando está en la posición abierta, el conducto del desviador 308 se alinea con la salida 408, mejor observada en la Figura 12. del ensamble de válvula 400. En este caso, el ensamble de válvula 400 tiene solamente una entrada simple 404 y una salida 408. En la realización preferida mostrada, el ensamble 325 incluye además miembros de soporte fijos 310 con múltiples puertos 312 para facilitar el flujo de fluido a través del soporte fijo.

Como se observa en las Figuras 9-13, los ensambles de válvula de fluido 400 se localizan en cada extremo del ensamble. Los ensambles de válvula tienen un conducto simple definido en los mismos con la entrada 404 y la salida 408. La salida 408 se alinea con el conducto 308 en el desviador 301 cuando el desviador está en la posición abierta, como se observa en la Figura 10. Note que el diseño del desviador 301 que se observa en las Figuras 9-10 se puede emplear con modificaciones, las cuales serán evidentes para los expertos en la materia, con el ensamble de válvula venturi de presión 200 observado en las Figuras 2-7. De manera similar, el diseño del brazo desviador que se observa en la Figura 2 puede, con modificación, emplearse con el ensamble de válvula observado en la Figura 9.

La flotabilidad del desviador crea un torque el cual rota el desviador 301 alrededor de sus ejes rotacional y longitudinal. El torque producido debe superar cualquier fuerza de inercia y de fricción que tienden a sostener el desviador en su lugar. Note que se pueden emplear restricciones o detenciones físicas para restringir el movimiento rotacional del desviador; es decir, limitar la rotación hasta varios ángulos de rotación dentro de un arco o intervalo pre-seleccionado. El torque entonces excederá las fuerzas de fricción estáticas para asegurar que el desviador se moverá cuando se desee. Adicionalmente, las restricciones se pueden ubicar para evitar la rotación del desviador hasta el centro superior o inferior para evitar conseguir un posible “atasco” en dicha orientación. En una realización, la restricción de flujo de fluido se relaciona directamente con el ángulo de rotación del desviador dentro de un intervalo de rotación seleccionado. El conducto 308 del desviador 301 se alinea con la salida 408 del ensamble de válvula cuando el desviador está en una posición completamente abierta, como se observa en las Figuras 10 y 13. El alineamiento es parcial cuando el desviador rota hacia la posición abierta, permitiendo un flujo mayor cuando el desviador rota en la posición totalmente abierta. El grado de flujo se relaciona directamente con el ángulo de rotación del desviador cuando el desviador rota entre el alineamiento parcial y completo con la salida de válvula.

La Figura 11 es un esquema de flujo de una realización de la invención. Un dispositivo de control de afluencia 350, o ICD, está en comunicación de fluido con el ensamble de control de fluido 325. El flujo fluye a través del dispositivo de control de afluencia 300, a través del divisor de flujo 360 hasta cualquier extremo del aparato de control de fluido 325 y después a través de los puertos de salida 330. De manera alternativa, el sistema se puede realizar con la entrada en el centro del dispositivo de control de fluido y las salidas en cualquier extremo.

La Figura 12 es una vista lateral en sección transversal de la realización del aparato de control de fluido 325 observado en la Figura 9 con el desviador 301 en la posición cerrada. Una carcasa 302 tiene en su interior el ensamble desviador 300 y los ensambles de válvula 400. La carcasa incluye el puerto de salida 330. En la Figura 12, el fluido de formación F fluye dentro de cada ensamble de válvula 400 mediante la entrada 404. Se evita o restringe que el fluido salga por la salida 408 mediante el desviador 301.

El ensamble desviador 300 está en una posición cerrada en la Figura 12. El desviador 301 rota hasta la posición cerrada cuando la densidad del fluido cambia a una composición más densa debido a las densidades relativas y a las flotabilidades de las porciones del desviador 304 y 306. La porción del desviador 304 puede ser más densa que el fluido, aún cuando el fluido cambie a una composición más densa (y ya sea en la posición abierta o cerrada) y en la realización preferida es más densa que el fluido en todo momento. En dicho caso, donde la porción del desviador 304 es más densa que el fluido, aún cuando la densidad del fluido cambia hasta una composición más densa, se utilizan las porciones de contrapeso 306. El material en la porción del desviador 304 y el material en la porción de contrapeso 306 tienen densidades diferentes. Cuando se sumergen en el fluido, la densidad efectiva de las porciones es la densidad real de las porciones menos la densidad del fluido. El volumen y la densidad de la porción del desviador 304 y las porciones de contrapeso 306 se seleccionan de manera que las densidades relativas y las flotabilidades relativas provoquen que la porción del desviador 304 se "hunda" y la porción de contrapeso se "hunda" en el fluido cuando este es de una baja densidad (tal como cuando comprende gas natural). De manera inversa, cuando el fluido cambia hasta una mayor densidad, la porción del desviador 304 se "eleva" o "flota" en el fluido y las porciones de contrapeso se "hunden" (tal como en petróleo). Como se usa en la presente, los términos "hundir" y "flotar" se usan para describir la manera en que una parte del sistema se mueve y no es necesario que la parte sea de mayor densidad o peso que el fluido de accionamiento.

En la posición cerrada, como se observa en las Figuras 9 y 12, el conducto 308 a través de la porción del desviador 306 no se alinea con la salida 408 del ensamble de válvula 400. El fluido se restringe de fluir a través del sistema. Note que esto es aceptable en muchos casos para algún fluido en "fuga" o flujo en pequeñas cantidades a través del sistema y que sale a través del puerto de salida 330.

La Figura 13 es una vista lateral en sección transversal del aparato de control de fluido como el de la Figura 12, sin embargo, el desviador 301 rota hasta la posición abierta. En la posición abierta, la salida 408 del ensamble de válvula se alinea con el conducto 308 del desviador. El fluido F fluye desde la formación dentro del conducto interior del tubo que tiene el aparato. El fluido entra al ensamble de válvula 400, fluye a través de portal 312 en el soporte fijo

310, a través del conducto 308 en el desviador, y después sale a la carcasa a través del puerto o puertos 330. Después el fluido se dirige a través de la tubería de producción y hasta la superficie. Donde la producción de petróleo se selecciona sobre la producción de gas natural, el desviador 301 rota hasta la posición abierta cuando la densidad del fluido en el pozo alcanza una densidad pre-seleccionada, tal como la densidad esperada del petróleo de formación. El aparato se diseña para recibir fluido de ambos extremos simultáneamente, para equilibrar la presión a ambos lados del aparato y reducir las fuerzas de fricción durante la rotación. En una realización alternativa, el aparato se diseña para permitir el flujo desde un extremo simple o desde el centro hacia afuera.

La Figura 15 es un esquema que ilustra los principios de la flotabilidad. El principio de Arquímedes plantea que un objeto sumergido total o parcialmente en un fluido es empujado hacia arriba por una fuerza igual a la del peso del fluido desplazado por el objeto. La flotabilidad reduce el peso relativo del objeto sumergido. La gravedad G actúa sobre el objeto 404. El objeto tiene una masa, m , y una densidad, ρ -objeto. El fluido tiene una densidad, ρ -fluido. La flotabilidad, B , actúa hacia arriba sobre el objeto. El peso relativo del objeto cambia con la flotabilidad. Se considera un plástico que tiene una densidad relativa (en el aire) de 1.1. El gas natural tiene una densidad relativa de aproximadamente 0.3, el petróleo de aproximadamente 0.8, y el agua de aproximadamente 1.0. El mismo plástico una densidad relativa de 0.8 en gas natural, 0.3 en petróleo, y 0.1 en agua. El acero tiene una densidad relativa de 7.8 en el aire, 7.5 en petróleo y 7.0 en agua.

Las Figuras 16-18 son dibujos esquemáticos que muestran el efecto de flotabilidad sobre objetos de volumen y densidad diferentes sumergidos en fluidos diferentes. Continuando con el ejemplo, ubicar objetos de plástico y acero en una balanza ilustra los efectos de flotabilidad. El objeto de acero 406 tiene un volumen relativo de uno, mientras que el objeto de plástico 408 tiene un volumen relativo de 13. En la Figura 16, el objeto de plástico 408 tiene un peso relativo en el aire 410 de 14.3 mientras que el objeto de acero tiene un peso relativo de 7.8. Por lo tanto, el objeto de plástico es relativamente más pesado y provoca que la balanza baje del lado del objeto de plástico. Cuando la balanza y los objetos se sumergen en gas natural 412, como se observa en la Figura 17, la balanza se mantiene en la misma posición. El peso relativo del objeto

de plástico es ahora 10.4 mientras que el peso relativo del objeto de acero es 7.5 en gas natural. En la Figura 18, el sistema se sumerge en petróleo 414. El objeto de acero ahora tiene un peso relativo de 7.0 mientras que el objeto de plástico tiene un peso relativo de 3.9 en petróleo. Por lo tanto, la balanza se mueve ahora a la posición que se muestra debido a que el objeto de plástico
5 408 flota más que el objeto de acero 406.

Las Figuras 19 y 20 son dibujos esquemáticos del desviador 301 que ilustran las posiciones y la flotabilidad relativas del desviador en fluidos de diferentes densidades relativas. Usando los mismos ejemplos de plástico y acero como anteriormente y aplicando los principios al desviador 301, la porción de contrapeso de acero 306 tiene una longitud L de una unidad y la
10 porción de desviador de plástico 304 tiene una longitud L de 13 unidades. Las dos porciones son ambas hemecilíndricas y tienen la misma sección transversal. Por lo tanto, la porción de desviador de plástico 304 tiene 13 veces el volumen de la porción de contrapeso 306. En petróleo o agua, la porción de contrapeso de acero 306 tiene un peso actual mayor y el desviador 301 rota hasta la posición observada en la Figura 19. En aire o gas natural, la porción de desviador de
15 plástico 304 tiene un peso real mayor y el desviador 301 rota hasta la posición menor observada en la Figura 20. Estos principios se usan para diseñar el desviador 301 que rota hasta las posiciones seleccionadas cuando se sumerge en fluido de densidades relativas conocidas. Lo anterior es meramente un ejemplo y se puede modificar para permitir que el desviador cambie de posición en fluidos de cualquier densidad seleccionada.

La Figura 14 es una vista lateral en sección transversal de un extremo del ensamble de control de fluido 325 como se observa en la Figura 9. Debido a que el funcionamiento del ensamble depende del movimiento del desviador 301, en respuesta a una densidad del fluido, los
20 ensambles de válvula 400 necesitan orientarse en el pozo. Un método preferido para orientar los ensambles es proporcionar un ensamble de válvula auto-orientado el cual se lastra para provocar
25 la rotación del ensamble en el pozo. El ensamble de válvula auto-orientado se refiere a un “selector de gravedad.”

Una vez orientado apropiadamente, el ensamble de válvula 400 y el soporte fijo 310 se pueden sellar en su lugar para evitar movimientos adicionales del ensamble de válvula y para reducir posibles rutas de fuga. En una realización preferida, como se observa en la Figura 14, un

agente de sellado 340 se ha ubicado alrededor de las superficies exteriores del soporte fijo 310 y el ensamble de válvula 400. Dicho agente puede ser un elastómero hinchable, un anillo en O, un adhesivo o epoxi que se une cuando se expone, por ejemplo al tiempo, temperatura, o fluidos. El agente de sellado 340 también se puede ubicar entre varias partes del aparato las cuales no necesitan moverse en relación unas con otras durante el funcionamiento tal como entre el
5 ensamble de válvula 400 y el soporte fijo 310 como se muestra. Evitar la trayectoria de fuga puede ser importante cuando las fugas pueden reducir potencialmente la efectividad del aparato en gran medida. El agente de sellado no se debe ubicar interfiriendo con la rotación del desviador 301.

10 El aparato de control de fluido descrito anteriormente se puede configurar para seleccionar la producción de petróleo sobre la producción de agua basada en las densidades relativas de los dos fluidos. En un pozo de gas, el aparato de control de fluido se puede configurar para seleccionar la producción de gas sobre la producción de petróleo o de agua. La invención descrita en la presente también se puede usar en métodos de inyección. El ensamble de
15 control de fluido se invierte en orientación de manera que el flujo de fluido de inyección entre desde la superficie al ensamble anterior para entrar a la formación. En una operación de inyección, el ensamble de control opera para restringir el flujo de un fluido no deseado, tal como agua, mientras que no proporciona resistencia aumentada al flujo de un fluido deseado, tal como vapor o dióxido de carbono. El aparato de control de fluido descrito en la presente también se
20 puede usar en otras operaciones de pozo, tal como reacondicionamiento, cementación, cementación inversa, empaque con grava, fracturación hidráulica, etc. Otros usos serán evidentes para los expertos en la materia.

Las Figuras 21 y 22 son vistas ortogonales de otra realización de un aparato de control de flujo de fluidos de la invención que tiene un brazo desviador giratorio y un ensamble de válvula.
25 El aparato de control de fluido 525 tiene un ensamble desviador 600 y un ensamble de válvula 700 posicionados en un tubo 550. El tubo 550 tiene una entrada 552 y una salida 554 para permitir el flujo de fluido a través del tubo. El ensamble desviador 600 incluye un brazo desviador 602 el cual rota alrededor del pivote 603 entre una posición cerrada, observada en la Figura 21, y una posición abierta, observada en la Figura 22. El brazo desviador 602 es

accionado por el cambio en la densidad del fluido en el cual este se sumerge. Similar a las descripciones anteriores, el brazo desviador 602 tiene menos flotabilidad cuando el fluido que fluye a través del tubo 550 es de una densidad relativamente baja y se mueve hasta la posición cerrada. Cuando el fluido cambia a una densidad relativamente mayor, la flotabilidad del brazo desviador 602 aumenta y el brazo se acciona, moviéndose hacia arriba hasta la posición abierta. El extremo pivote 604 del brazo desviador tiene una sección transversal relativamente estrecha, permitiendo el flujo de fluido en cualquier lado del brazo. El extremo libre 606 del brazo desviador 602 es preferentemente de una sección transversal sustancialmente rectangular lo cual restringe el flujo a través de una porción del tubo. Por ejemplo, el extremo libre 606 del brazo desviador 602, como se observa en la Figura 15, restringe el flujo de fluido a lo largo de la parte inferior del tubo, mientras que en la Figura 22 el flujo se restringe a lo largo de la porción superior del tubo. El extremo libre del brazo desviador no bloquea completamente el flujo a través del tubo.

El ensamble de válvula 700 incluye un miembro de válvula rotatorio 702 montado de manera giratoria en el tubo 550 y móvil entre una posición cerrada, observada en la Figura 15, en donde el flujo de fluido a través del tubo se restringe, y una posición abierta, observada en la Figura 22, en donde el fluido se deja fluir con menos restricción a través del ensamble de válvula. El miembro de válvula 702 rota alrededor del pivote 704. El ensamble de válvula se puede diseñar para restringir parcial o completamente el flujo de fluido cuando está en la posición cerrada. Un brazo de flujo estacionario 705 se puede utilizar para controlar además los patrones de flujo de fluido a través del tubo.

El movimiento del brazo desviador 602 afecta el patrón de flujo de fluido a través del tubo 550. Cuando el brazo desviador 602 está en la posición cerrada o inferior, observada en la Figura 15, el fluido que fluye a través del tubo se dirige principalmente a lo largo de la porción superior del tubo. De manera alternativa, cuando el brazo desviador 602 está en la posición abierta o superior, observada en la Figura 22, el fluido que fluye a través del tubo se dirige principalmente a lo largo de la porción inferior del tubo. Por lo tanto, el patrón de flujo de fluido es afectado por la densidad relativa del fluido. En respuesta al cambio en el patrón de flujo de fluido, el ensamble de válvula 700 se mueve entre las posiciones abierta y cerrada. En la

realización mostrada, el aparato de control de fluido 525 se diseña para seleccionar un fluido de una densidad relativamente mayor. Es decir, un fluido más denso, tal como petróleo, provocará que el brazo desviador 602 "flote" hasta una posición abierta, como en la Figura 22, afectando de esta manera el patrón de flujo de fluido y abriendo el ensamble de válvula 700. Cuando el fluido cambia a una menor densidad, tal como gas, el brazo desviador 602 se "hunde" hasta la posición cerrada y el flujo de fluido afectado provoca que el ensamble de válvula 700 se cierre, restringiendo el flujo del fluido menos denso.

Un contrapeso 601 se puede usar para ajustar la densidad del fluido en el cual el brazo desviador 602 "flota" o se "hunde" y también se puede usar para permitir que el material del brazo flotador tenga una densidad significativamente mayor que el fluido donde el brazo desviador "flota." Como se explicó anteriormente en relación al sistema desviador rotatorio, la flotabilidad relativa o la densidad efectiva del brazo desviador en relación a la densidad del fluido determinarán las condiciones bajo las cuales el brazo desviador cambiará entre las posiciones abierta y cerrada o superior e inferior.

Por supuesto, la realización observada en la Figura 21 se puede diseñar para seleccionar fluidos más o menos densos como se describió anteriormente en la presente, y se puede utilizar en varios métodos y procesos, como se entenderá por un experto en la materia.

Las Figuras 23-26 muestran además vistas detalladas en sección transversal de realizaciones de un aparato de control de flujo que utiliza un brazo desviador como en la Figura 21. En la Figura 17, el miembro de válvula de control de flujo 702 es una cuña giratoria 710 que es móvil alrededor del pivote 711 entre una posición cerrada (mostrada), en donde la cuña 710 restringe el flujo a través de una salida 712 que se extiende a través de una pared 714 del ensamble de válvula 700, y una posición abierta, en donde la cuña 710 no restringe el flujo a través de la salida 712.

De manera similar, la Figura 24 muestra una realización que tiene un miembro de válvula en forma de cuña giratoria 720. El miembro de válvula en forma de cuña 720 se observa en una posición abierta con el flujo de fluido no restringido a través de la salida de válvula 712 a lo largo de la porción inferior del tubo. Note que la salida de válvula 712 en este caso se define en

parte por la superficie interior del tubo y en parte por la pared de válvula 714. El miembro de válvula 720 rota alrededor del pivote 711 entre la posición abierta y cerrada.

La Figura 25 muestra otra realización de ensamble de válvula que tiene un miembro de válvula de disco giratorio 730 el cual rota alrededor del pivote 711 entre una posición abierta (mostrada) y una posición cerrada. Se puede emplear además un brazo de flujo estacionario 734.

Las Figuras 21-25 son realizaciones ejemplares de aparatos de control de flujo que tienen un brazo desviador móvil lo cual afecta los patrones de flujo de fluido dentro de un tubo y un ensamble de válvula el cual se mueve entre una posición abierta y cerrada en respuesta al cambio en el patrón de flujo de fluido. Las especificaciones de las realizaciones son como ejemplo y no son limitativas. El brazo desviador de flujo se puede mover alrededor de un pivote o pivotes, de manera deslizable, flexionándose, o se puede mover de cualquier otra manera. El desviador se puede hacer de cualquier material adecuado o combinación de materiales. El tubo puede ser de sección transversal circular, como se muestra, o de cualquier otra forma. La sección transversal del brazo desviador se muestra ahusada en un extremo y prácticamente rectangular en el otro extremo, pero se pueden emplear otras formas. Los ensambles de válvula pueden incluir salidas múltiples, álabes estacionarios, y paredes formadas. El miembro de válvula puede tomar cualquier forma conocida que pueda moverse entre una posición abierta y cerrada por un cambio en el patrón de flujo de fluido, tal como un disco, cuña, etc. El miembro de válvula además se puede mover alrededor de un pivote o pivotes, de manera deslizable, flexionándose, o se puede mover de cualquier otra manera. El miembro de válvula puede restringir parcial o completamente el flujo a través del ensamble de válvula. Estos y otros ejemplos serán evidentes para los expertos en la materia.

Como con las otras realizaciones descritas en la presente, las realizaciones en las Figuras 21-25 se pueden diseñar para seleccionar cualquier fluido basado en una densidad meta. El brazo desviador se puede seleccionar para proporcionar patrones de flujo diferentes en respuesta a cambios de la composición del fluido entre petróleo, agua, gas, etc., como se describió en la presente. Estas realizaciones también se pueden usar para varios procesos y métodos tales como producción, inyección, reacondicionamiento, cementación y cementación inversa.

La Figura 26 es una vista esquemática de una realización de un aparato de control de flujo de acuerdo con la invención que tiene un desviador de flujo accionado por el flujo de fluido a lo largo de trayectorias de flujo dobles. El aparato de control de flujo 800 tiene un ensamble de trayectoria de flujo doble 802 con una primera trayectoria de flujo 804 y una segunda trayectoria de flujo 806. Las dos trayectorias de flujo se diseñan para proporcionar resistencias diferentes al flujo de fluido. La resistencia en al menos una de las trayectorias de flujo depende de los cambios en la viscosidad, tasa de flujo, densidad, velocidad, u otra característica del flujo de fluido del fluido. Las variaciones y trayectorias de flujo ejemplares se describen en detalles en la solicitud de patente de los Estados Unidos número de serie 12/700,685, de Jason Dykstra, y otros., presentada el 4 de Febrero de 2010, cuya solicitud, de esta manera, se incorpora como referencia en la presente en su totalidad para todos los propósitos. Consecuentemente, solamente una realización ejemplar se describirá brevemente en la presente.

En la realización ejemplar de la Figura 26, la primera trayectoria de flujo de fluido 804 se selecciona para impartir una caída de presión en el fluido que fluye a través de la trayectoria la cual depende de las propiedades del flujo de fluido. La segunda trayectoria de flujo 806 se selecciona para tener una tasa de flujo diferente, dependiendo de las propiedades del flujo de fluido, que la primera trayectoria de flujo 804. Por ejemplo, la primera trayectoria de flujo puede comprender una sección tubular larga y estrecha mientras que la segunda trayectoria de flujo es un dispositivo de caída de presión tipo orificio que tiene al menos un orificio 808, como se observa. Las tasas de flujo relativas a través de la primera y segunda trayectorias de flujo definen una relación de flujo. Cuando las propiedades del flujo de fluido cambian, la relación flujo de fluido cambiará. En este ejemplo, cuando el fluido consiste de una proporción relativamente más grande de petróleo u otro fluido viscoso la relación de flujo será relativamente baja. Cuando el fluido cambia a una composición menos viscosa, tal como cuando el gas natural está presente, la relación aumentará cuando el flujo de fluido a través de la primera trayectoria aumenta en relación al flujo a través de la segunda trayectoria.

Otros diseños de trayectoria de flujo se pueden emplear como se enseña en la referencia incorporada, que incluye múltiples trayectorias de flujo, se pueden emplear múltiples dispositivos de control de flujo, tal como placas orificio, rutas tortuosas, etc.. Adicionalmente,

las rutas se pueden diseñar para exhibir relaciones de flujo diferentes en respuesta a otra característica del flujo de fluido, tal como la tasa de flujo, velocidad, densidad, etc., como se explica en la referencia incorporada.

El ensamble de válvula 820 tiene una primera entrada 830 en comunicación de fluido con la primera trayectoria de flujo 804 y una segunda entrada 832 en comunicación de fluido con la segunda trayectoria de flujo 806. Un miembro de válvula móvil 822 se posiciona en una cámara de válvula 836 y se mueve o se acciona en respuesta al fluido que fluye dentro de las entradas de válvula 830 y 832. El miembro de válvula móvil 822, en una realización preferida, rota alrededor del pivote 825. El pivote 825 se posiciona para controlar el giro del miembro de válvula 822 y se puede separar del centro, como se muestra, para proporcionar la respuesta deseada al flujo de las entradas. Los miembros de válvula móviles alternativos pueden rotar, girar, deslizarse, curvarse, flexionarse, o moverse de cualquier otra manera en respuesta al flujo de fluido. En un ejemplo, el miembro de válvula 822 se diseña para rotar alrededor del pivote 825 hasta una posición abierta, observada en la Figura 20, cuando el fluido se compone de una cantidad relativamente alta de petróleo, mientras que se mueve hasta una posición cerrada cuando el fluido cambia a un cantidad relativamente mayor de gas natural. Nuevamente, el ensamble de válvula y el miembro se pueden diseñar para abrir y cerrar cuando el fluido es de una cantidad meta con una característica del flujo de fluido y puede seleccionar el petróleo frente al gas natural, el petróleo frente al agua, el gas natural frente al agua, etc.

El miembro de válvula móvil 822 tiene un sensor de flujo 824 con primer y segundo brazos sensores de flujo 838 y 840, respectivamente. El sensor de flujo 824 se mueve en respuesta a cambios en el patrón de flujo del fluido a través de las entradas 830 y 832. Específicamente, el primer brazo sensor 838 se posiciona en la trayectoria de flujo de la primera entrada 830 y el segundo brazo sensor 840 se posiciona en la trayectoria de flujo de la segunda entrada 832. Cada uno de los brazos sensores tiene superficies de impacto 828. En una realización preferida, las superficies de impacto 828 son de un diseño paso de escalera para maximizar la fuerza hidráulica cuando la parte rota. El miembro de válvula 822 también tiene un brazo de restricción 826 el cual puede restringir la salida de válvula 834. Cuando el miembro de válvula está en la posición abierta, como se muestra, el brazo de restricción permite el flujo de

fluido a través de la salida con mínima o sin restricción. Cuando el miembro de válvula rota hacia una posición cerrada, el brazo de restricción 826 se mueve para restringir el flujo de fluido a través de la salida de válvula. La válvula puede restringir el flujo de fluido a través de la salida parcial o completamente.

5 La Figura 27 es una vista lateral en sección transversal de otra realización de un aparato de control de flujo 900 de la invención que tiene un ensamble de resistencia accionado por flujo rotatorio. El fluido fluye hacia el conducto tubular 902 y provoca la rotación del ensamble de resistencia accionado por flujo rotacional 904. El flujo de fluido imparte rotación a los álabes direccionales 910 los cuales se unen al miembro rotacional 906. El miembro rotacional se
10 posiciona de manera móvil en el tubo para rotar alrededor de un eje longitudinal de rotación. Cuando el miembro rotacional 906 rota, la fuerza angular se aplica a los miembros de balanza 912. Mientras más rápida es la rotación, una mayor fuerza se imparte a los miembros de balanza y mayor es su tendencia a moverse radialmente hacia afuera de los ejes de rotación. Los miembros de balanza 912 se muestran como pesos esféricos, pero pueden tomar cualquier forma
15 alternativa. En una tasa de rotación relativamente baja, el miembro de soporte de válvula 916 y miembro de restricción unido 914 permanecen en la posición abierta, observada en la Figura 27. Cada uno de los miembros de balanza 912 se une de manera móvil al miembro rotacional 906, en una realización preferida, por los brazos de balanza 913. Los brazos de balanza 913 se unen al miembro de soporte de válvula 916 el cual se monta de manera deslizable en el miembro
20 rotacional 906. Cuando los miembros de balanza se mueven radialmente hacia afuera, los brazos de balanza giran radialmente hacia afuera, moviendo de esta manera el miembro de soporte de válvula longitudinalmente hacia una posición cerrada. En la posición cerrada, el miembro de soporte de válvula se mueve longitudinalmente en una dirección aguas arriba (a la izquierda en la Figura 27) con un movimiento correspondiente del miembro de restricción 914. El miembro de
25 restricción 914 coopera con la pared de válvula 922 para restringir el flujo de fluido a través de salida de válvula 920 cuando está en la posición cerrada. La restricción de flujo de fluido a través de la salida depende de la tasa de rotación del ensamble de resistencia accionado por flujo rotacional 904.

La Figura 28 es una vista lateral en sección transversal de la realización del aparato de control de flujo 900 de la Figura 27 en una posición cerrada. El flujo de fluido en el conducto tubular 902 ha provocado la rotación del ensamble de resistencia accionado por flujo rotacional 904. En una tasa de rotación relativamente alta, el miembro de soporte de válvula 916 y el miembro de restricción unido 914 se mueven hasta la posición cerrada observada en la Figura 28. Los miembros de balanza 912 se mueven radialmente hacia afuera desde el eje longitudinal por la fuerza centrífuga, girando los brazos de balanza 913 lejos del eje longitudinal. Los brazos de balanza 913 se unen al miembro de soporte de válvula 916 el cual se mueve de manera deslizable en el miembro rotacional 906. Los miembros de balanza se han movido radialmente hacia afuera, los brazos de balanza giran radialmente hacia afuera, moviendo de esta manera el miembro de soporte de válvula longitudinalmente hacia la posición cerrada mostrada. En la posición cerrada, el miembro de soporte de válvula se mueve longitudinalmente en una dirección aguas arriba con un movimiento correspondiente del miembro de restricción 914. El miembro de restricción 914 coopera con la pared de válvula 922 para restringir el flujo de fluido a través de salida de válvula 920 cuando está en la posición cerrada. La restricción de flujo de fluido a través de la salida depende de la tasa de rotación del ensamble de resistencia accionado por flujo rotacional 904. La restricción de flujo puede ser parcial o completa. Cuando el flujo de fluido se hace más lento o se detiene debido a un movimiento del miembro de restricción 914, la velocidad rotacional del ensamble se hará más lenta y la válvula se moverá una vez más hasta la posición abierta. Para este propósito, el ensamble puede ser presionado hacia la posición abierta por un miembro de presión, tal como un resorte de presión o similares. Se espera que el ensamble se abra y se cierre cíclicamente cuando la posición del miembro de restricción cambie.

La tasa rotacional del ensamble de rotación depende de una característica seleccionada del fluido o flujo de fluido. Por ejemplo, el ensamble rotacional mostrado es dependiente de la viscosidad, con mejor resistencia al movimiento rotacional cuando el fluido es de una viscosidad relativamente alta. Cuando la viscosidad del fluido disminuye, la tasa rotacional del ensamble de rotación aumenta, restringiendo de esta manera el flujo a través de la salida de válvula. De manera alternativa el ensamble rotacional puede rotar en tasas que varían en respuesta a otras características del fluido tal como velocidad, tasa de flujo, densidad, etc., como se describe en la

presente. El ensamble accionado por flujo rotacional se puede utilizar para restringir el flujo de fluido de una característica meta pre-seleccionada. De esta manera, el ensamble se puede usar para permitir el flujo del fluido cuando este es de una composición meta, tal como contenido de petróleo relativamente alto, mientras restringe el flujo cuando el fluido cambia a un contenido relativamente mayor de un componente menos viscoso, tal como el gas natural. De manera similar, el ensamble se puede diseñar para seleccionar el petróleo sobre el agua, el gas natural sobre el agua, o el gas natural sobre el petróleo en un método de producción. El ensamble también se puede usar en otros procesos, tal como cementación, inyección, reacondicionamiento y otros métodos.

Adicionalmente, diseños alternativos están disponibles para el ensamble de resistencia accionado por flujo rotacional. Las balanzas, brazos de balanza, álabes, miembro de restricción y miembro de soporte de restricción pueden ser todos de diseños alternativos y se pueden posicionar aguas arriba o abajo de unos con respecto a otros. Otras decisiones de diseños serán evidentes para los expertos en la materia.

Mientras que esta invención se ha descrito con referencia a las realizaciones ilustrativas, esta descripción no debe entenderse en el sentido limitante. Varias modificaciones y combinaciones de las realizaciones ilustrativas así como también otras realizaciones de la invención, serán evidentes para los expertos en la materia después de referirse a la descripción. Por lo tanto, se entiende que las reivindicaciones adjuntas engloban cualquiera de dichas modificaciones o realizaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de control de flujo de fluidos para su uso en un tubo de extracción de petróleo
5 posicionado en un pozo que se extiende a través de una formación subterránea, el tubo de extracción de petróleo para hacer fluir un fluido a través de este, el fluido teniendo una densidad la cual cambia con el tiempo, el aparato que comprende:
 - una carcasa de herramienta;
 - un ensamble de válvula que tiene una carcasa de válvula con al menos una entrada y al
10 menos una salida;
 - un desviador de fluido móvil posicionado en la carcasa de herramienta, el desviador de fluido accionado por el cambio en la densidad del fluido, el desviador de fluido que es móvil para restringir el flujo de fluido a través de al menos una entrada de válvula en respuesta a un cambio en la densidad del fluido.
- 15 2. Un aparato como el de la reivindicación 1 en donde el desviador de fluido es de una densidad pre-seleccionada y flota en un fluido de una densidad pre-seleccionada.
3. Un aparato como el de la reivindicación 1 en donde el desviador de fluido se mueve entre
20 una primera y una segunda posición, y en donde el desviador de fluido es presionado hacia una primera posición por un miembro de presión.
4. Un aparato como el de la reivindicación 3 en donde el miembro de presión es un
25 mecanismo de resorte.
5. Un aparato como el de la reivindicación 3 en donde el miembro de presión es un contrapeso.
6. Un aparato como el de la reivindicación 5 en donde el contrapeso tiene una densidad
30 diferente de la densidad del desviador de fluido.
7. Un aparato como el de la reivindicación 6 en donde el contrapeso se conecta de manera operable al desviador de fluido.
- 35 8. Un aparato como el de la reivindicación 3 en donde el desviador de fluido tiene una densidad mayor que la densidad del fluido durante el funcionamiento del aparato, el mecanismo de presión compensando la densidad del desviador y permitiendo que el desviador sea accionado por los cambios de densidad en el fluido.

9. Un aparato como el de la reivindicación 1 en donde el desviador de fluido móvil gira.
10. Un aparato como el de la reivindicación 9 en donde el desviador de fluido comprende un segundo ensamble de válvula, en donde el brazo desviador es operable para restringir el flujo a
5 través de una entrada de un ensamble de válvula.
11. Un aparato como el de la reivindicación 9 en donde al menos una entrada del ensamble de válvula comprende una primera entrada y una segunda entrada, y en donde el desviador de fluido rota entre una primera posición en la cual el desviador de fluido restringe el flujo de fluido
10 hacia la primera entrada y la segunda posición en la cual el desviador de fluido restringe el flujo de fluido hacia la segunda entrada.
12. Un aparato como el de la reivindicación 1 en donde el desviador rota alrededor de un eje longitudinal.
15
13. Un aparato como el de la reivindicación 12 en donde el desviador de fluido rota hasta una pluralidad de ángulos rotacionales, y en donde la restricción del flujo de fluido se relaciona con el ángulo rotacional del desviador de fluido.
- 20 14. Un aparato como el de la reivindicación 12 que comprende además un segundo ensamble de válvula, cada ensamble de válvula teniendo al menos una entrada y al menos una salida, el desviador de fluido que es operable para restringir el flujo dentro de ambas entradas de los ensambles de válvula cuando el desviador de fluido está en la posición cerrada.
- 25 15. Un aparato como el de la reivindicación 1 que comprende además un ensamble selector de orientación para orientar el ensamble de válvula en el pozo.
16. Un aparato como el de la reivindicación 15 en donde el ensamble selector de orientación utiliza la gravedad para orientar el ensamble de válvula.
30
17. Un aparato como el de la reivindicación 15 que comprende además un estabilizador para mantener el ensamble de válvula en su orientación.
18. Un aparato como el de la reivindicación 16 en donde el estabilizador comprende un
35 elastómero hinchable.

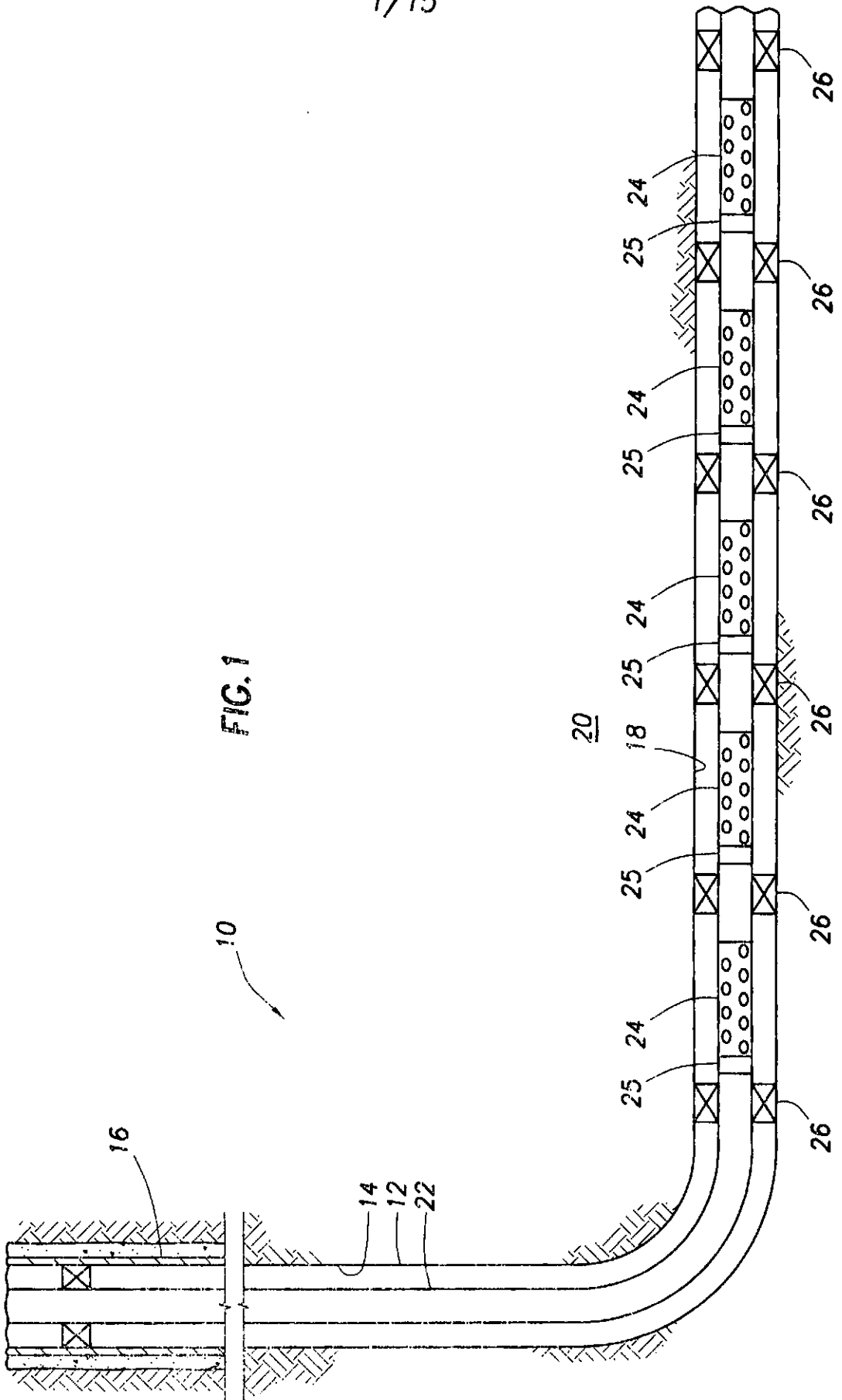
19. Un aparato como el de la reivindicación 1, que comprende además un dispositivo de control de afluencia, y en donde la válvula de entrada está en comunicación de fluido con el dispositivo de control de afluencia.
- 5 20. Un aparato como el de la reivindicación 1 en donde el ensamble de válvula comprende además la primera y segunda entradas separadas, y en donde el desviador es operable para cambiar la relación del flujo de fluido entre la primera y segunda entradas en respuesta al cambio de la densidad del fluido.
- 10 21. Un aparato como el de la reivindicación 20 en donde el cambio en la relación de fluidos es operable para accionar un miembro de la válvula en el ensamble de válvula.
22. Un aparato como el de la reivindicación 21 en donde el ensamble de válvula comprende además un cámara de válvula en comunicación de fluido con las entradas de válvulas y la salida
15 de válvula, la cámara de válvula alojando un miembro de la válvula móvil entre una posición cerrada, en donde el flujo de fluido a través de la salida de válvula se restringe, y una posición abierta, en donde flujo de fluido a través de la salida de válvula se restringe menos.
23. Un aparato como el de la reivindicación 22 en donde el miembro de válvula es un brazo
20 de válvula giratorio que tiene un extremo próximo a la salida de válvula y es operable para restringir el flujo a través de la salida.
24. Un aparato como el de la reivindicación 21 en donde el ensamble de válvula comprende además un conversor venturi de presión.
- 25 25. Un aparato como el de la reivindicación 24 en donde el conversor venturi de presión comunica la presión al miembro de válvula accionando de esta manera el miembro de válvula.

26. Un aparato de control de flujo de fluidos para su uso en un tubo de extracción de petróleo posicionado en un pozo que se extiende a través de una formación subterránea, el tubo de extracción de petróleo para que un fluido fluya a través de éste, el fluido teniendo una densidad, el aparato que comprende:
- un desviador de fluido móvil en respuesta a los cambios en la densidad del fluido;
 - el flujo de fluido siguiendo una trayectoria de flujo de fluido, en donde el movimiento del desviador de fluido cambia la trayectoria de flujo de fluido; y
 - un ensamble de válvula para restringir el flujo de fluido, el ensamble de válvula teniendo una posición abierta y cerrada, en donde el cambio en la trayectoria de flujo de fluido cambia la posición del ensamble de válvula.
27. Un aparato como el de la reivindicación 26 en donde el desviador de fluido es de una densidad pre-seleccionada y flota en un fluido de una densidad pre-seleccionada.
28. Un aparato como el de la reivindicación 26 en donde el desviador de fluido es presionado hacia una primera posición por un miembro de presión.
29. Un aparato como el de la reivindicación 28 en donde el miembro de presión es un mecanismo de resorte.
30. Un aparato como el de la reivindicación 28 en donde el miembro de presión es un contrapeso.
31. Un aparato como el de la reivindicación 30 en donde el contrapeso tiene una densidad diferente de la densidad del desviador de fluido.
32. Un aparato como el de la reivindicación 28 en donde el desviador de fluido tiene una densidad mayor que la densidad del fluido durante el funcionamiento del aparato, el mecanismo de presión que compensa la densidad del desviador y que permite que el desviador sea accionado por los cambios de densidad en el fluido.
33. Un aparato como el de la reivindicación 26 en donde el desviador de fluido es móvil rotando alrededor de un eje rotacional, el movimiento alrededor del eje rotacional cambiando la trayectoria flujo de fluido.
34. Un aparato como el de la reivindicación 26 en donde el desviador de fluido es móvil girando alrededor de un pivote.

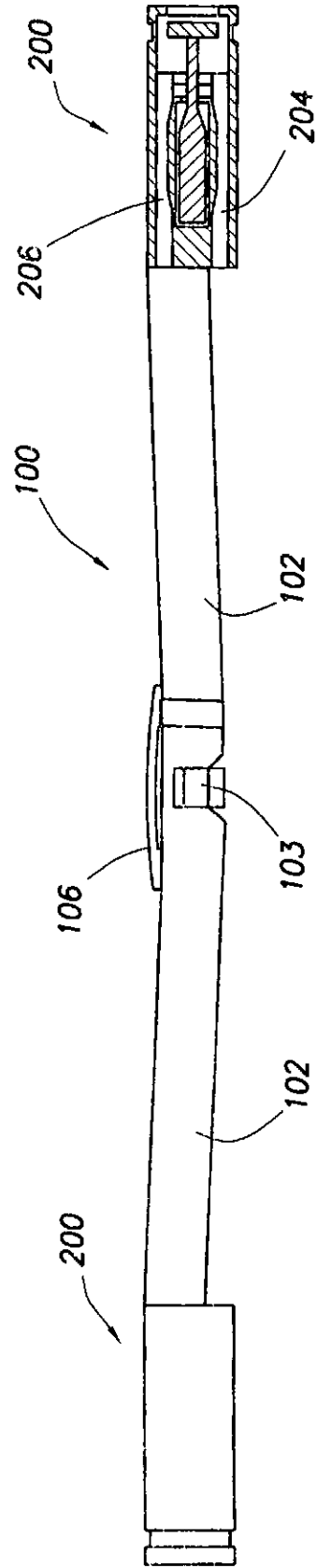
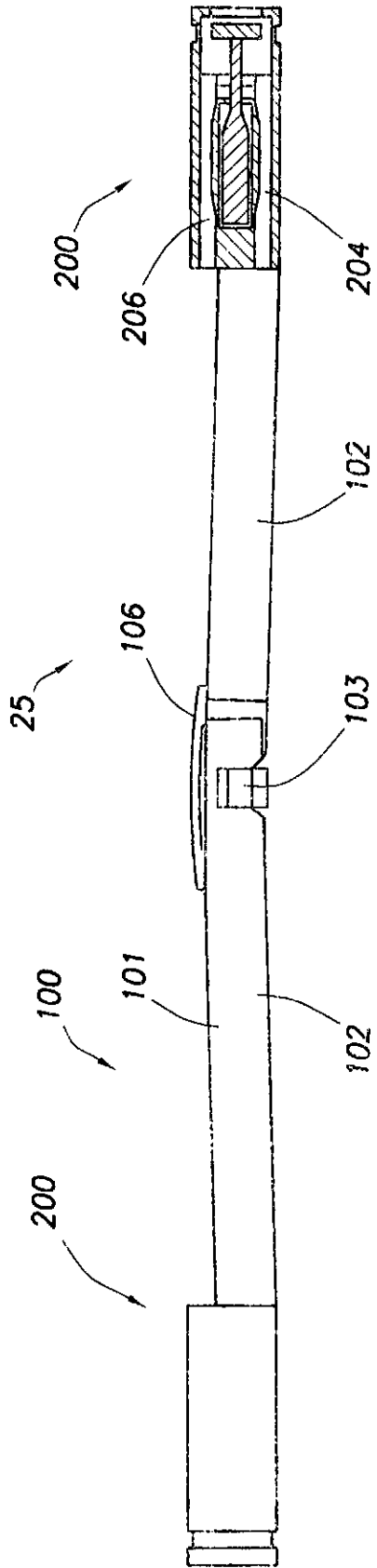
35. Un aparato como el de la reivindicación 26 en donde el ensamble de válvula comprende además la primera y segunda entradas separadas, y en donde el desviador es operable para cambiar la relación flujo de fluido entre la primera y segunda entradas en respuesta al cambio de la densidad del fluido.
36. Un aparato como el de la reivindicación 35 en donde el cambio en la relación de fluido es operable para accionar un miembro de la válvula en el ensamble de válvula.
37. Un aparato como el de la reivindicación 26 en donde el aparato comprende además una carcasa, el desviador de fluido se monta de manera móvil en la carcasa, la trayectoria de flujo de fluido se define por el flujo de fluido a lo largo de la carcasa y es adyacente al desviador de fluido.
38. Un aparato como el de la reivindicación 37 en donde el ensamble de válvula comprende al menos una entrada y al menos una salida, y en donde la trayectoria de flujo de fluido se define en parte por al menos una entrada y salida.
39. Un aparato como el de la reivindicación 37 en donde el desviador de fluido es móvil a partir de una primera posición adyacente a una primera entrada de ensamble de válvula y una segunda posición adyacente a una segunda entrada de ensamble de válvula.

40. Un aparato de control de flujo de fluidos para su uso en un tubo de extracción de petróleo posicionado en un pozo que se extiende a través de una formación subterránea, el tubo de extracción de petróleo para que un fluido fluya a través de éste, el aparato que comprende:
- 5 un miembro tubular que define un conducto para que el fluido fluya a través de éste;
un ensamble de válvula que tiene al menos una entrada;
un ensamble de control de flujo montado para movimiento rotacional en el miembro tubular, el flujo de fluido impartiendo una rotación al ensamble de control de flujo;
el ensamble de control de flujo que tiene un miembro de restricción para restringir el
10 flujo a través de la entrada del ensamble de válvula.
41. Un aparato como el de la reivindicación 40, el miembro de restricción montado para moverse longitudinalmente en el miembro tubular.
- 15 42. Un aparato como el de la reivindicación 41 en donde el miembro de restricción se mueve entre una posición abierta, en donde el flujo a través de la válvula entrada no se restringe, y una posición cerrada, en donde el flujo a través de la válvula entrada se restringe.
43. Un aparato como el de la reivindicación 40 en donde la tasa de rotación del ensamble de control de flujo se determina en relación al cambio en una característica del flujo de fluido.
- 20 44. Un aparato como el de la reivindicación 43 en donde la característica del flujo de fluido es la viscosidad.
- 25 45. Un aparato como el de la reivindicación 41 en donde el ensamble de control de flujo comprende además una pluralidad de miembros de balanza, los miembros de balanza se montan para un movimiento radial en respuesta a la rotación del ensamble de control de flujo.
46. Un aparato como el de la reivindicación 45 en donde los miembros de balanza se montan
30 de manera giratoria para moverse radialmente en respuesta a la rotación del ensamble de control de fluido.
47. Un aparato como el de la reivindicación 46 en donde el movimiento radial de los miembros de balanza provoca el movimiento longitudinal del miembro de restricción.
- 35 48. Un aparato como el de la reivindicación 44 en donde el flujo de fluido a través de la válvula se restringe cuando el fluido alcanza una viscosidad pre-seleccionada.

49. Un aparato como el de la reivindicación 48 en donde el flujo de fluido se restringe a una viscosidad relativamente baja y el flujo de fluido no se restringe a una viscosidad relativamente alta.



+



+

+

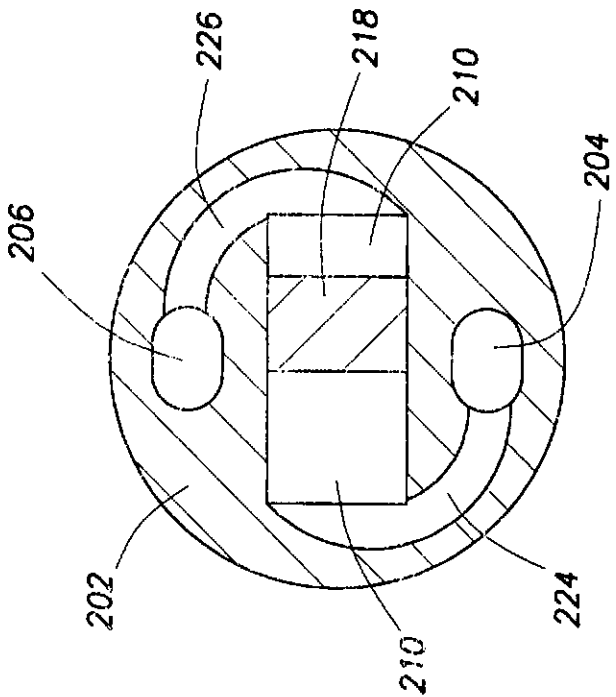


FIG. 5

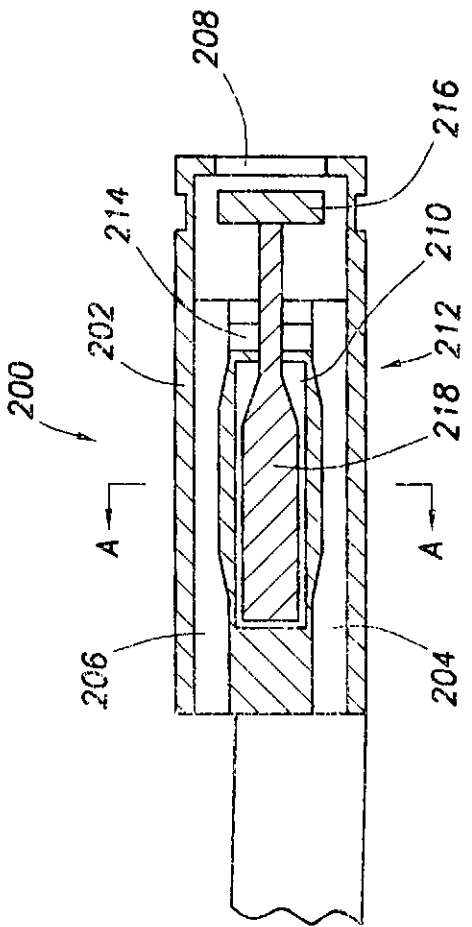


FIG. 4

+

+

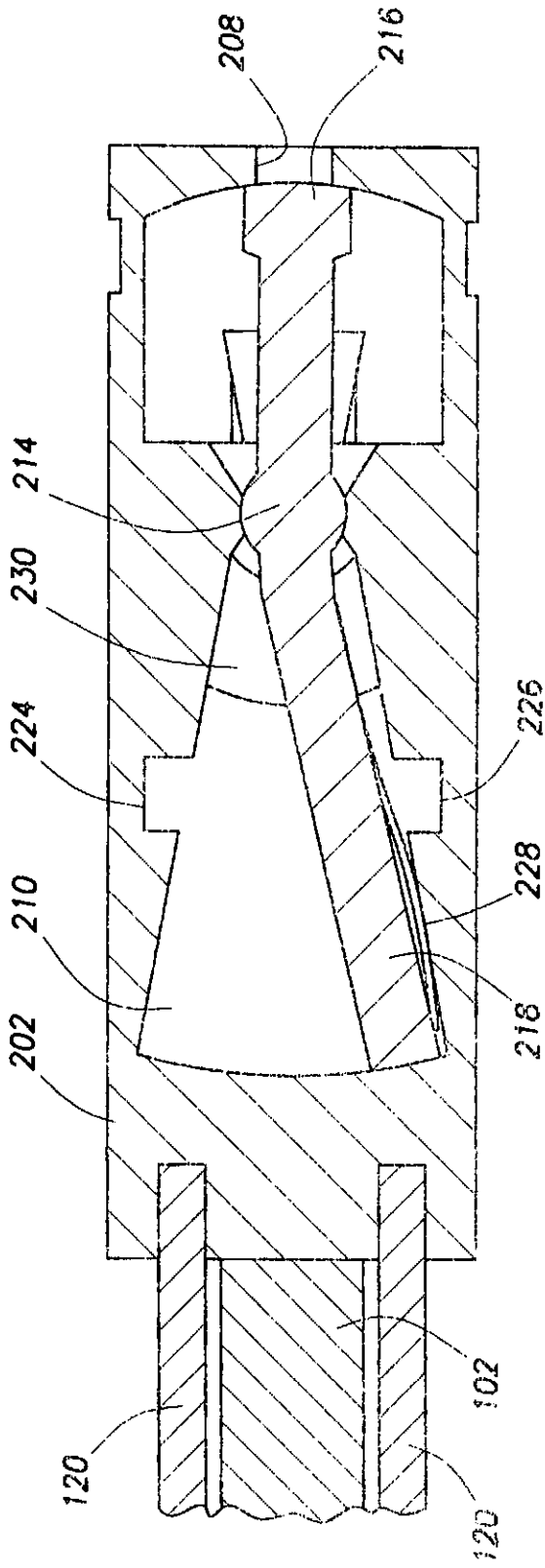


FIG. 6

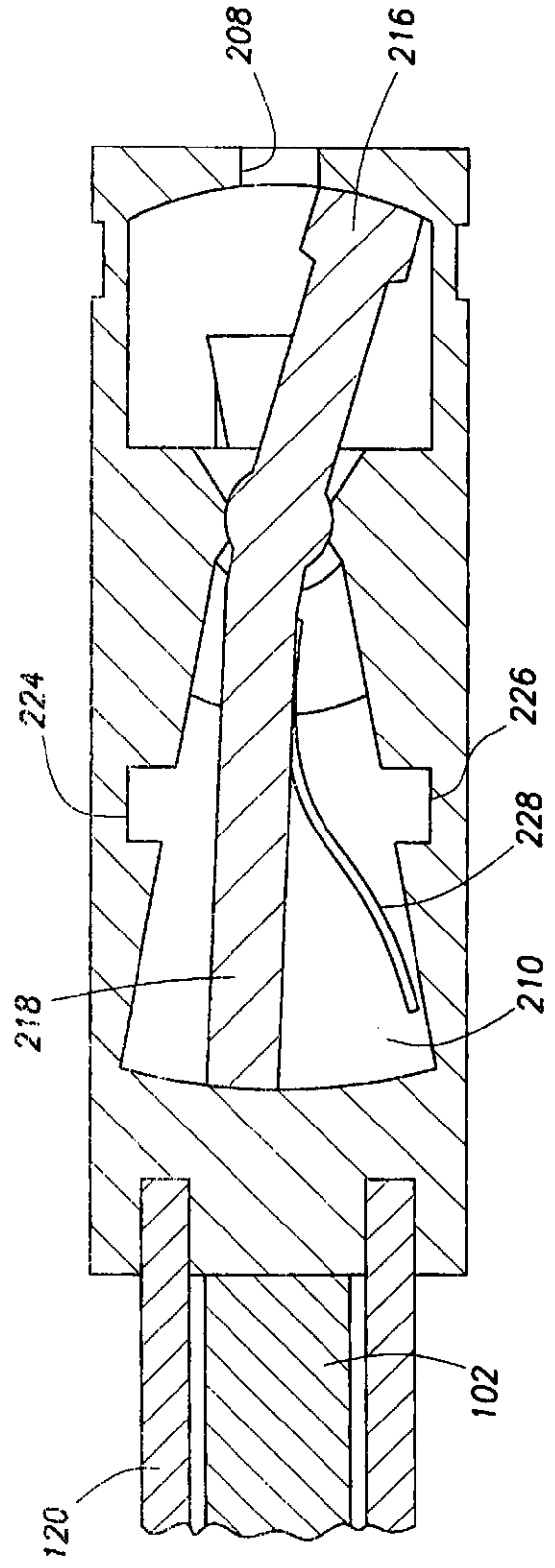


FIG. 7

+

+

3/15

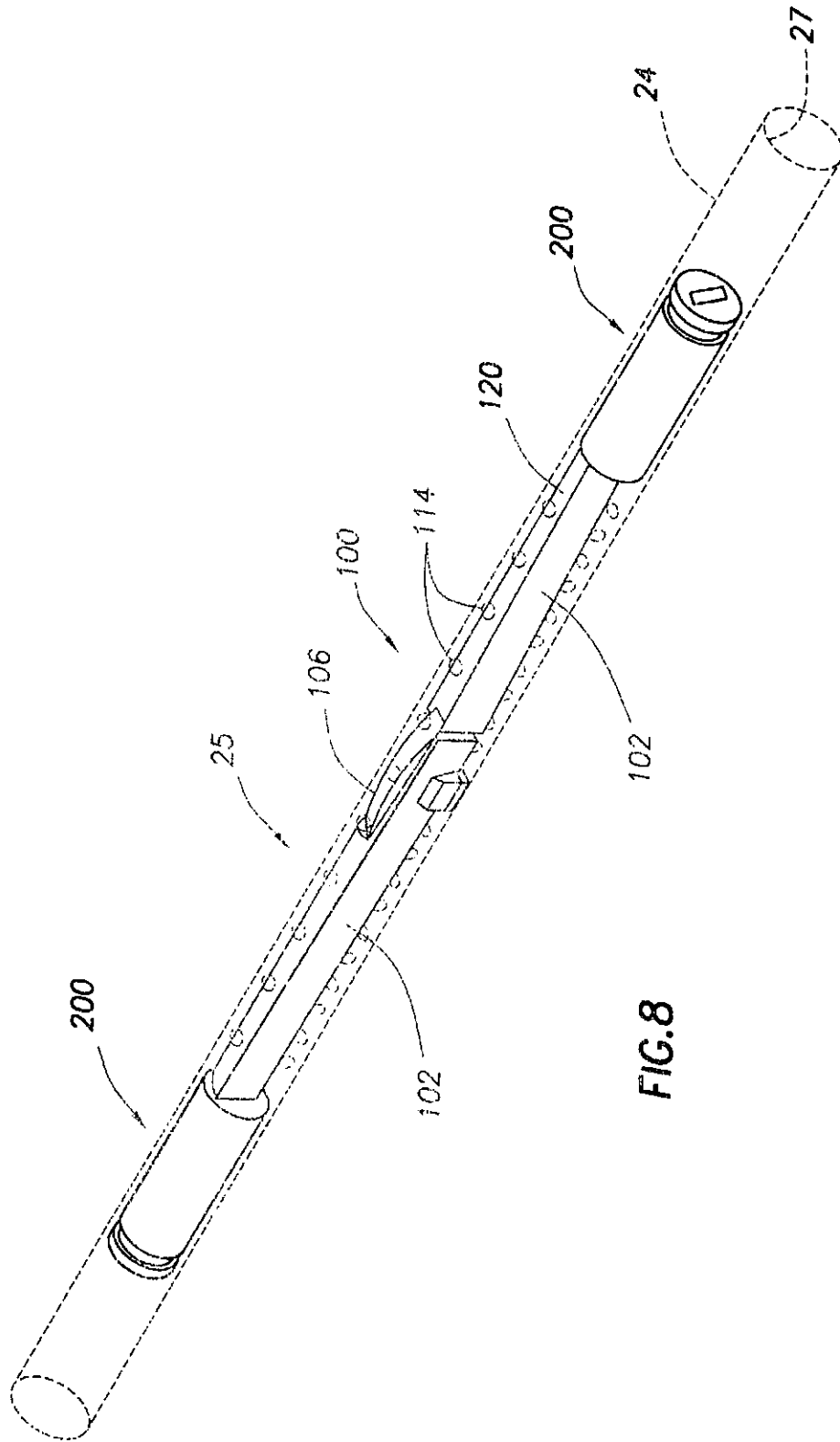
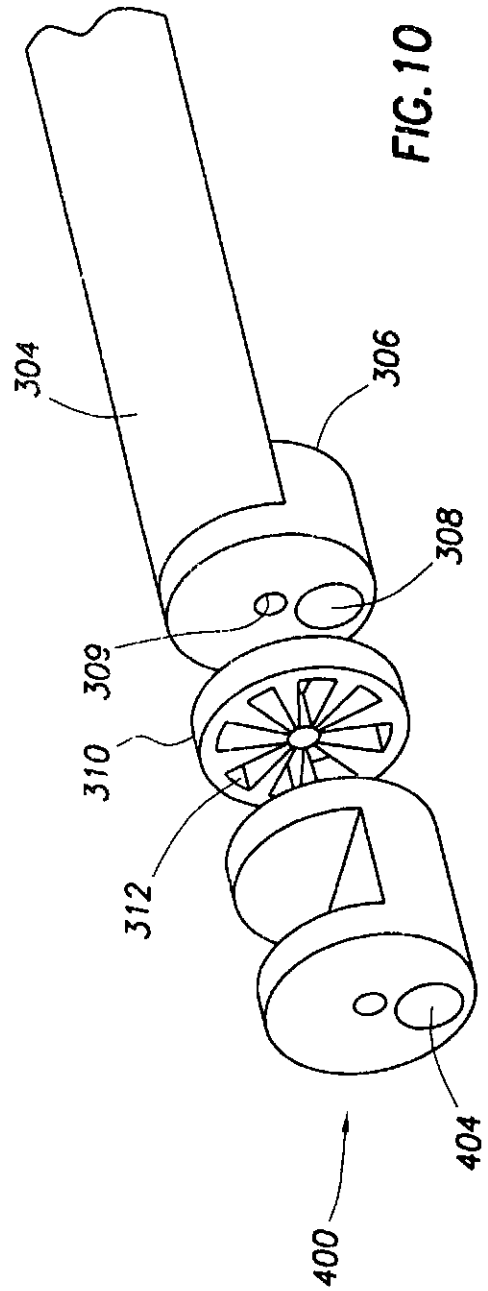
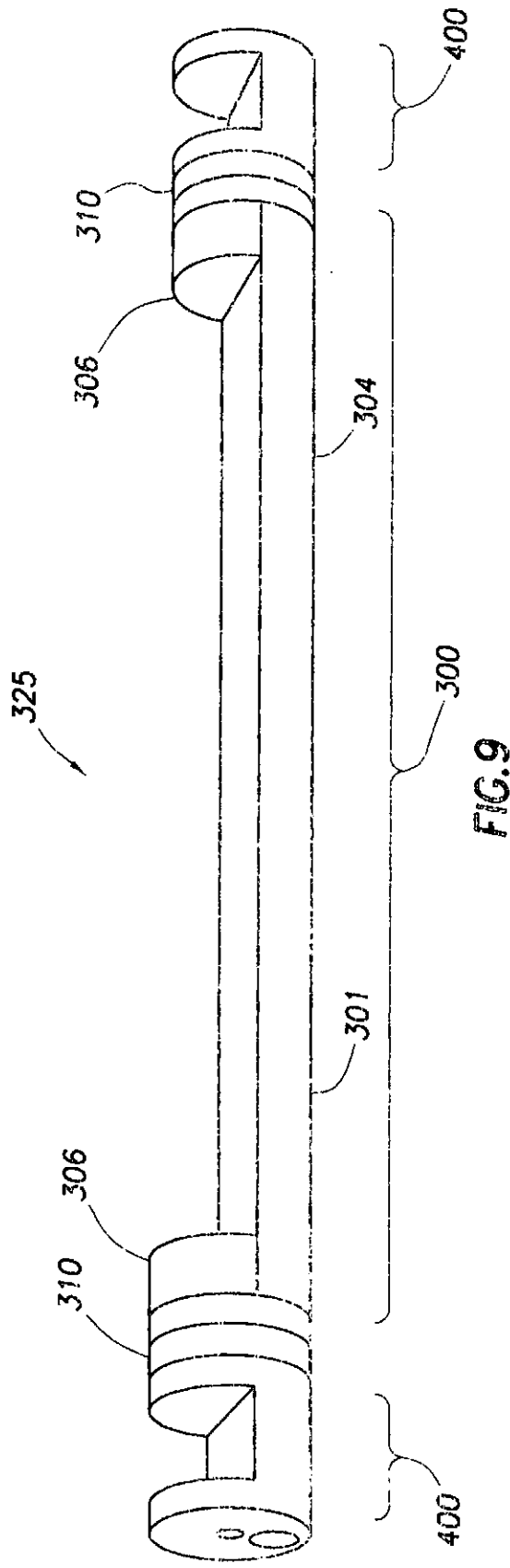


FIG. 8

+

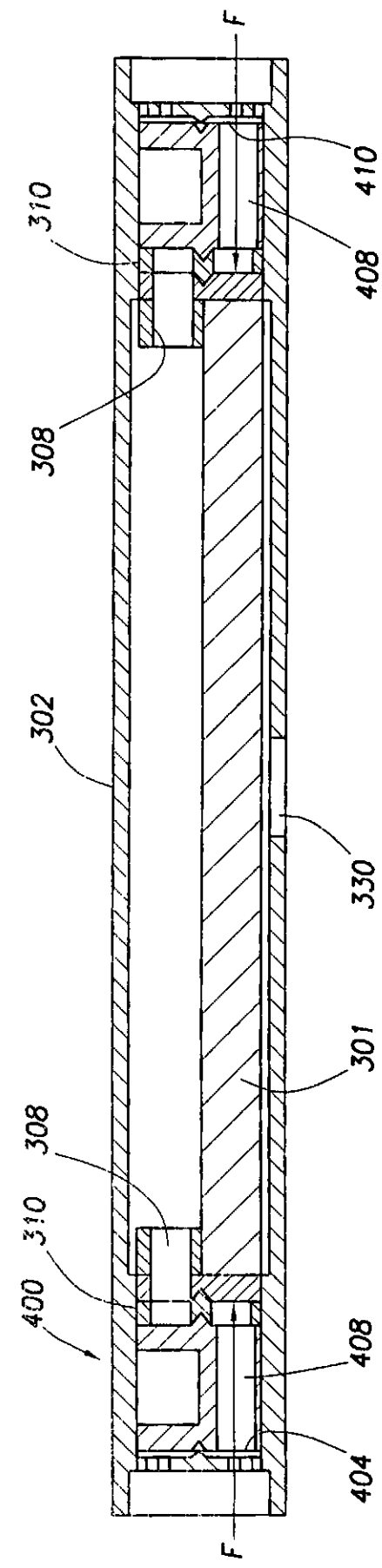
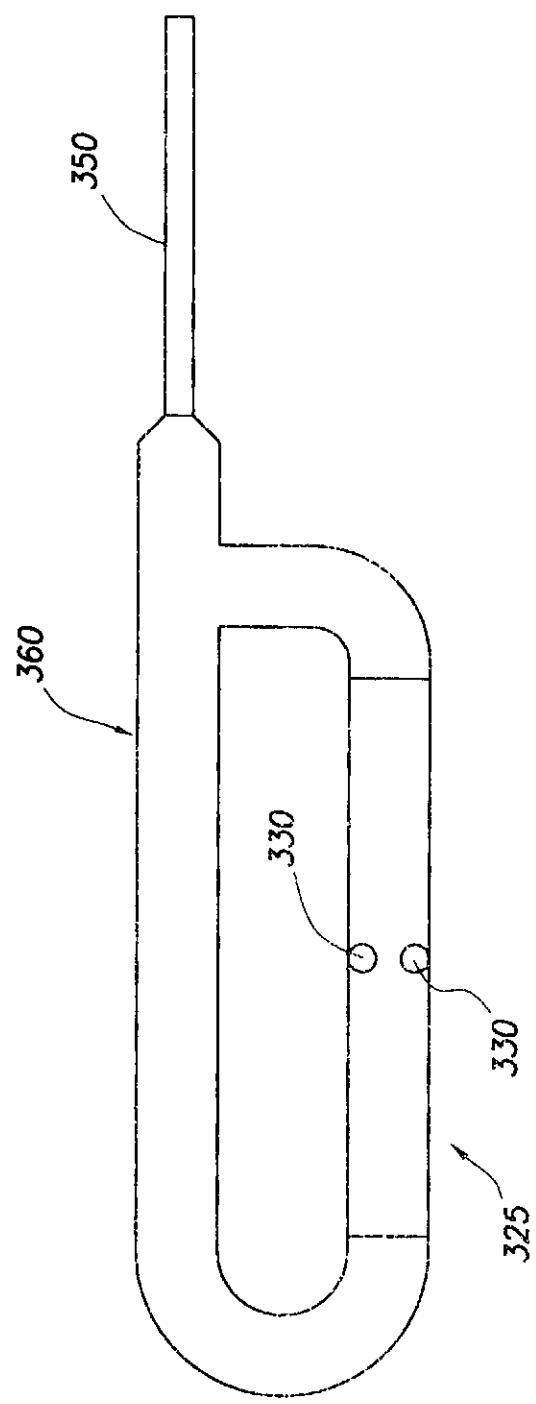
+

3/15



+

+



+

+

3/15

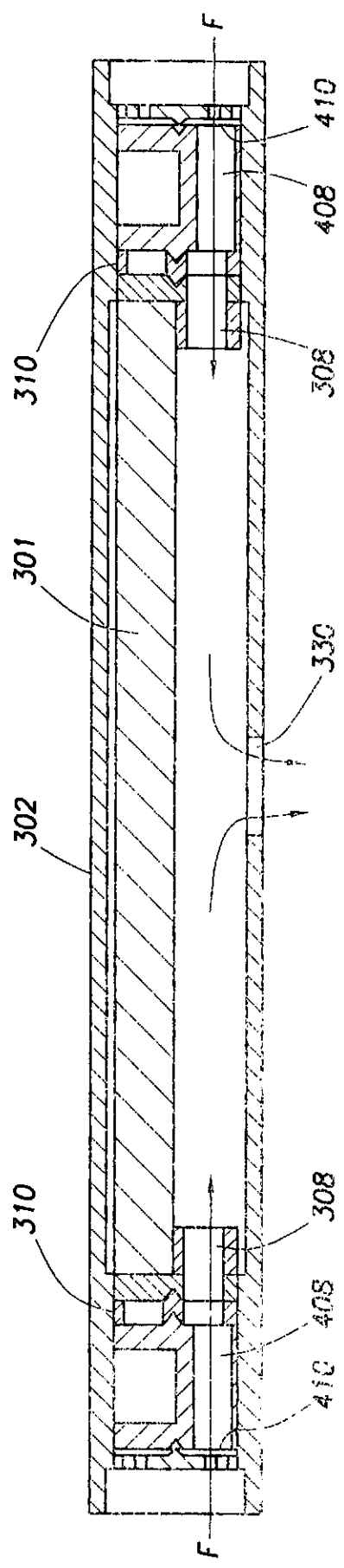


FIG. 13

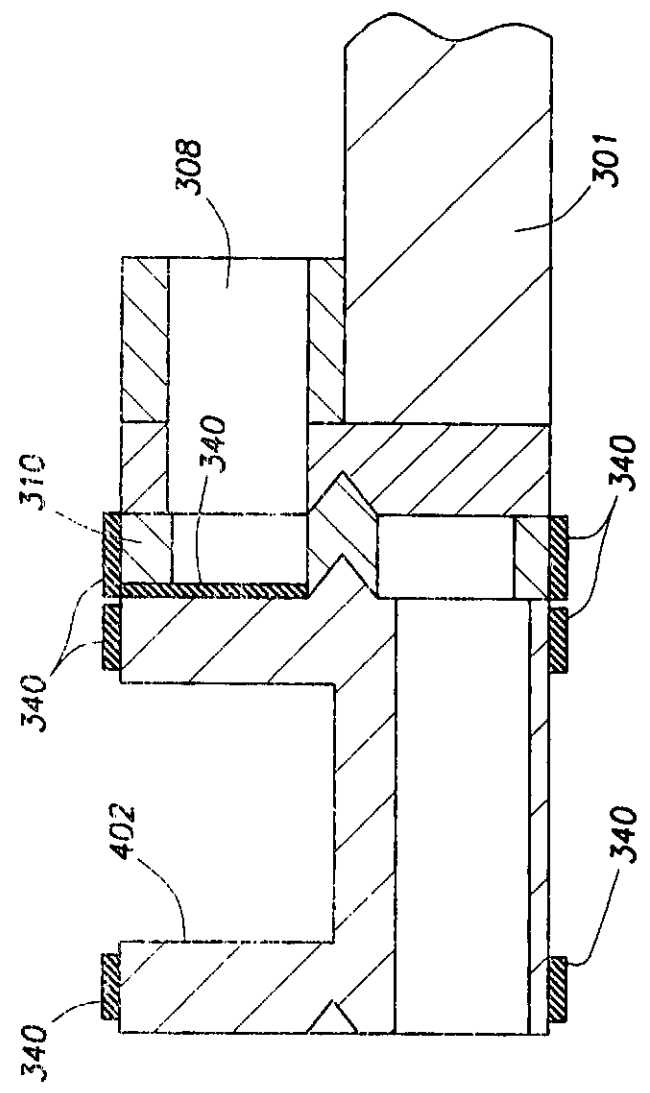


FIG. 14

+

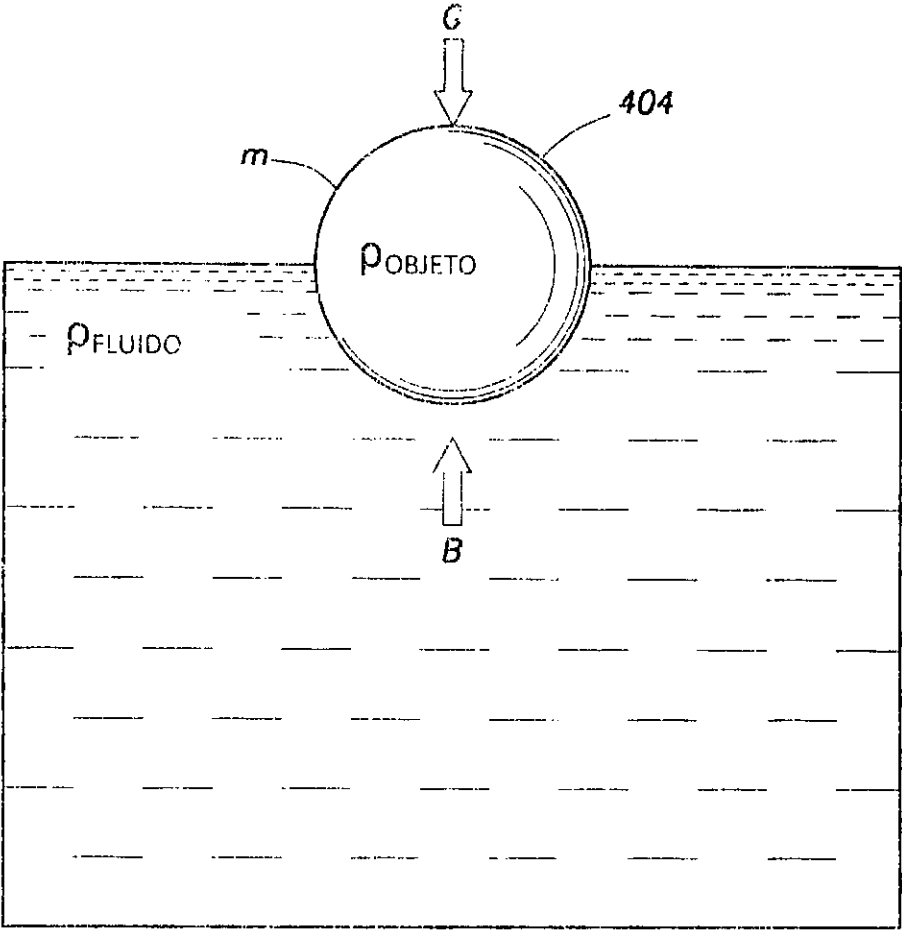


FIG.15

+

10/15

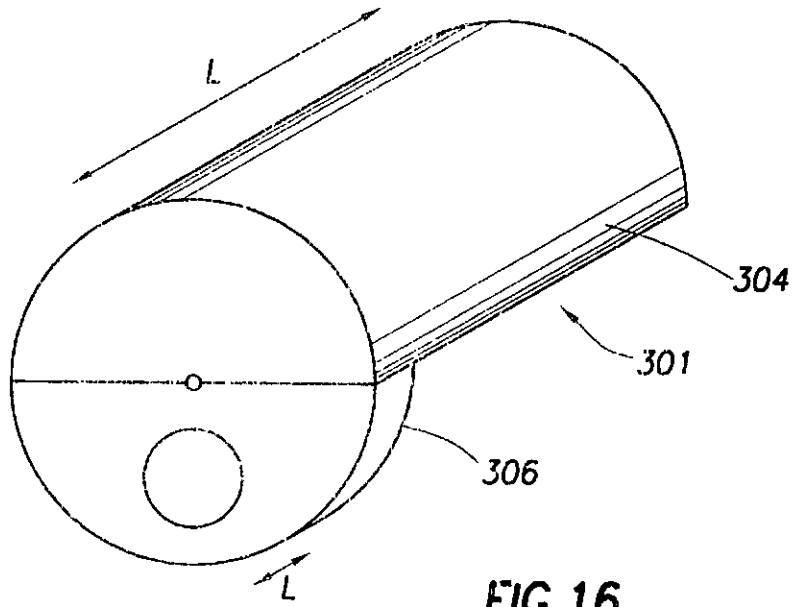


FIG. 16

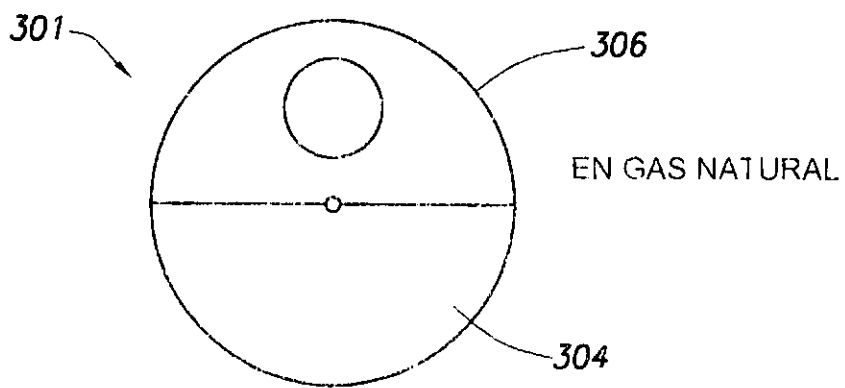


FIG. 17

+

+

11/15

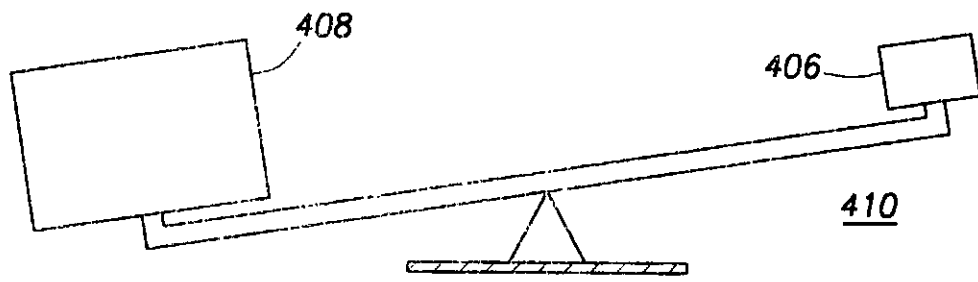


FIG. 18

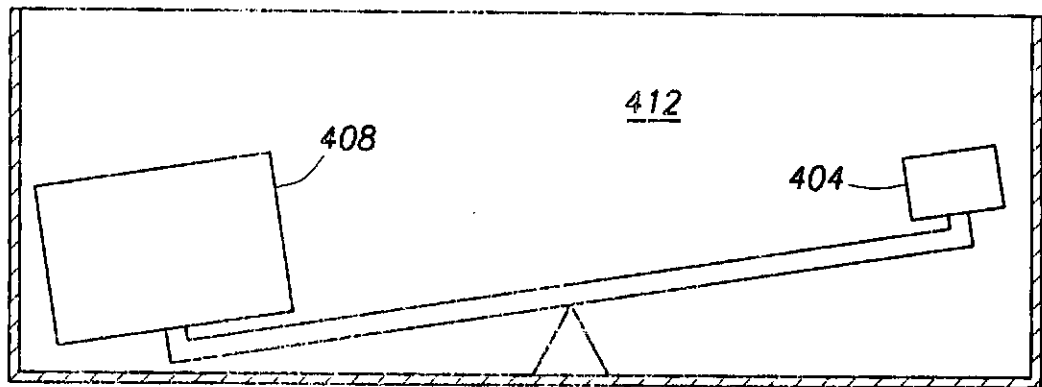


FIG. 19

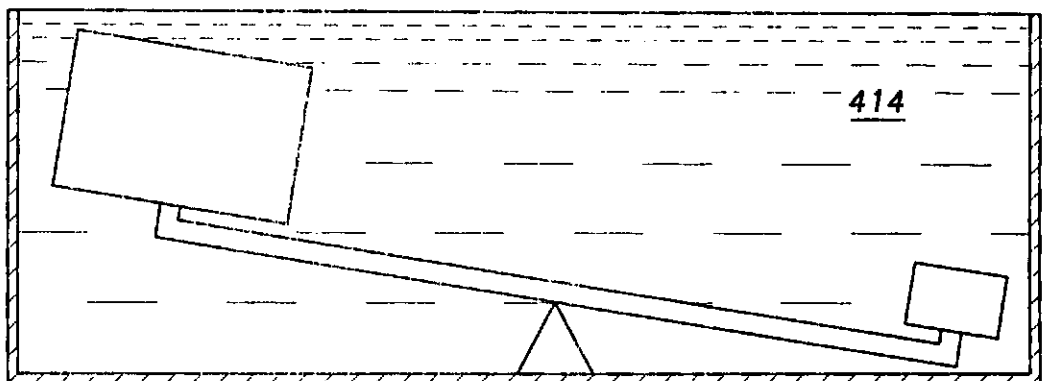
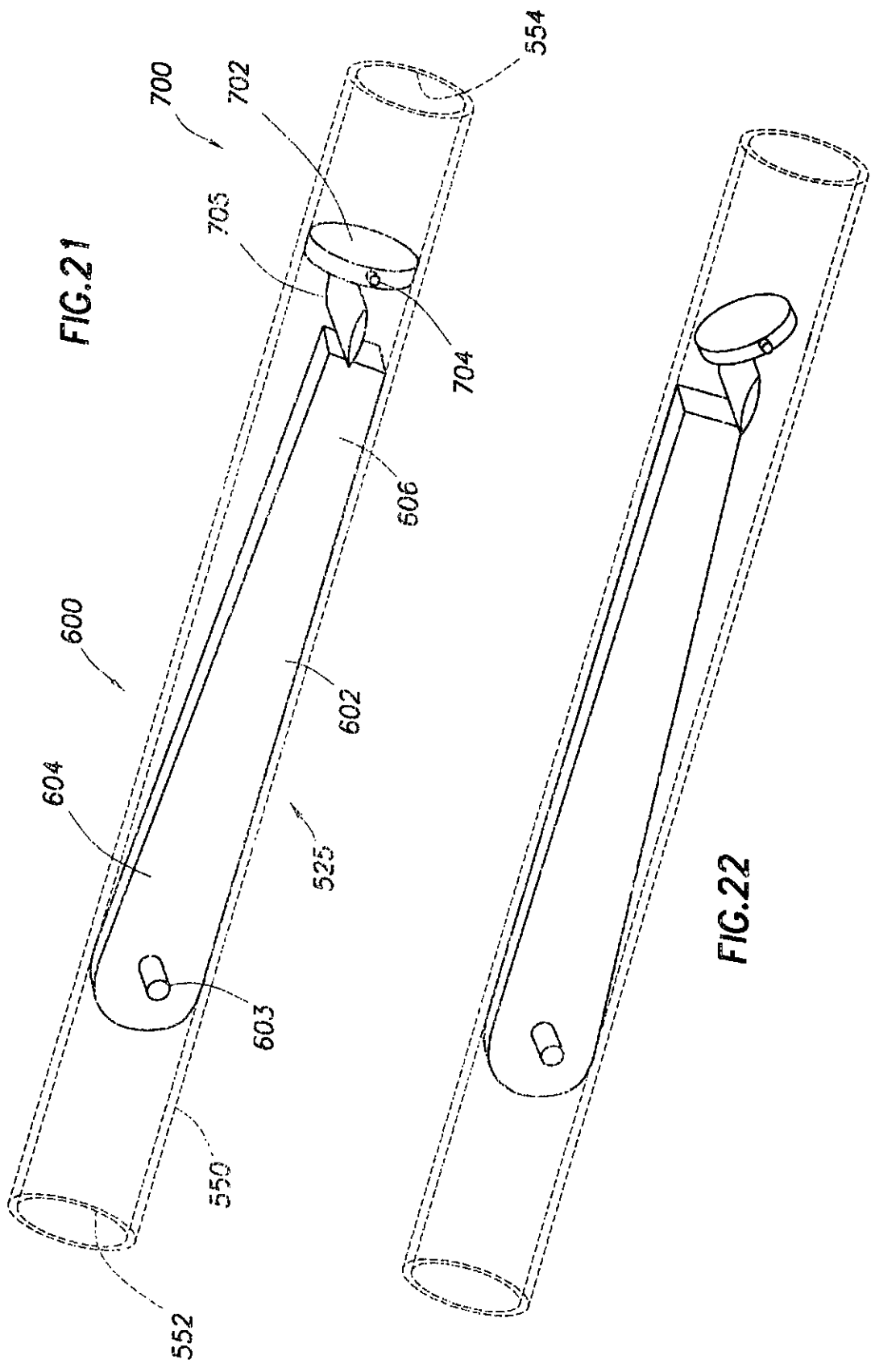


FIG. 20

+

+



+

+

13/15

FIG.23

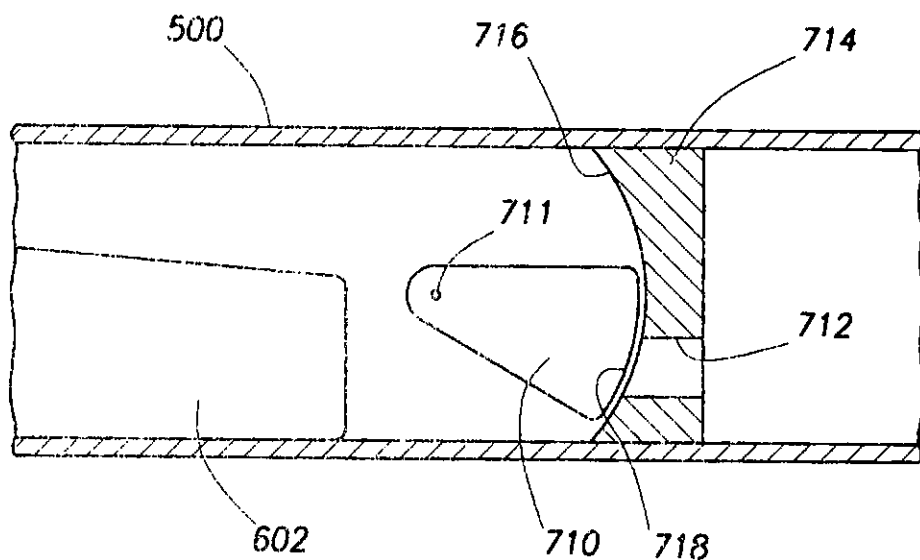


FIG.24

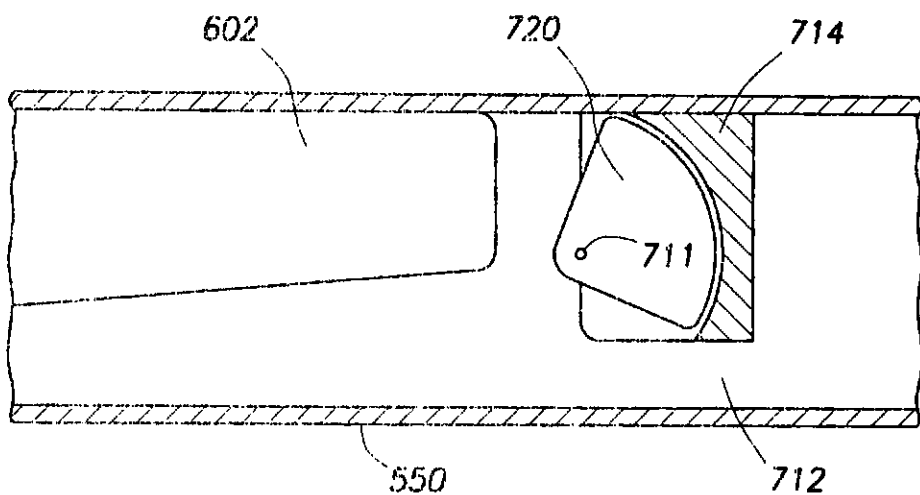
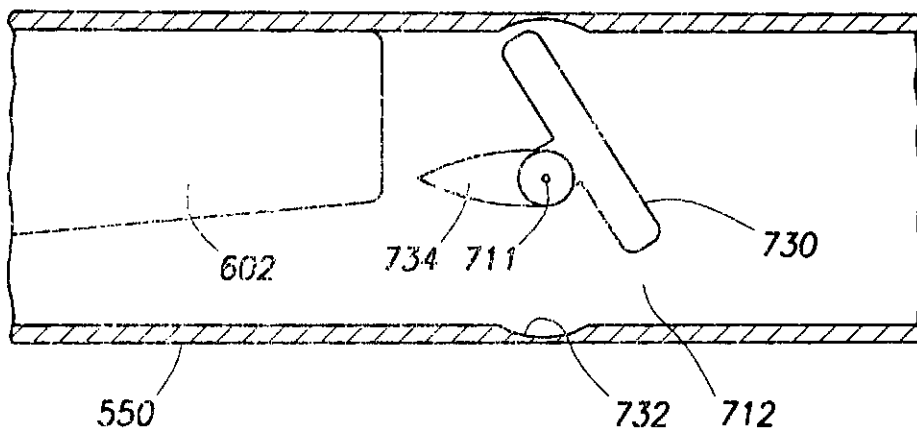


FIG.25



+

+

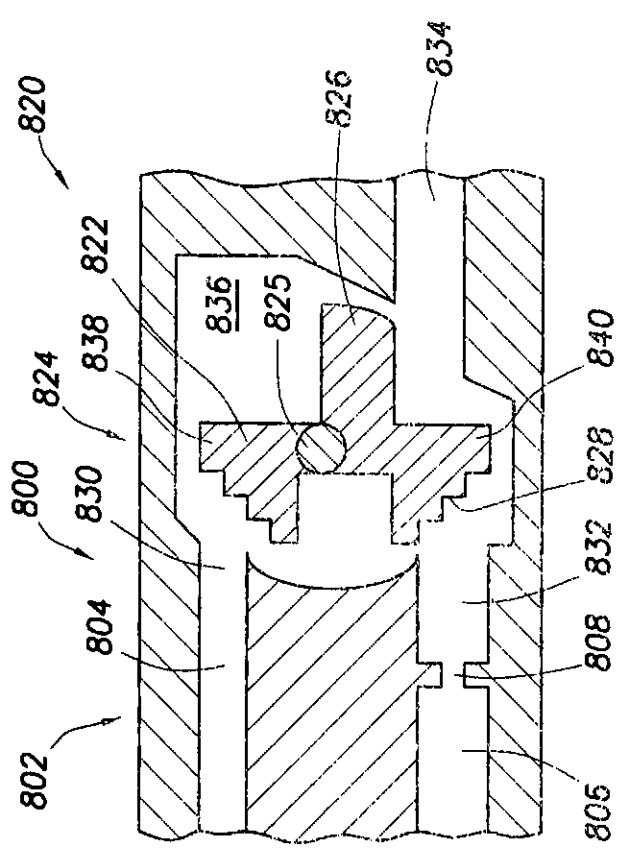


FIG. 26

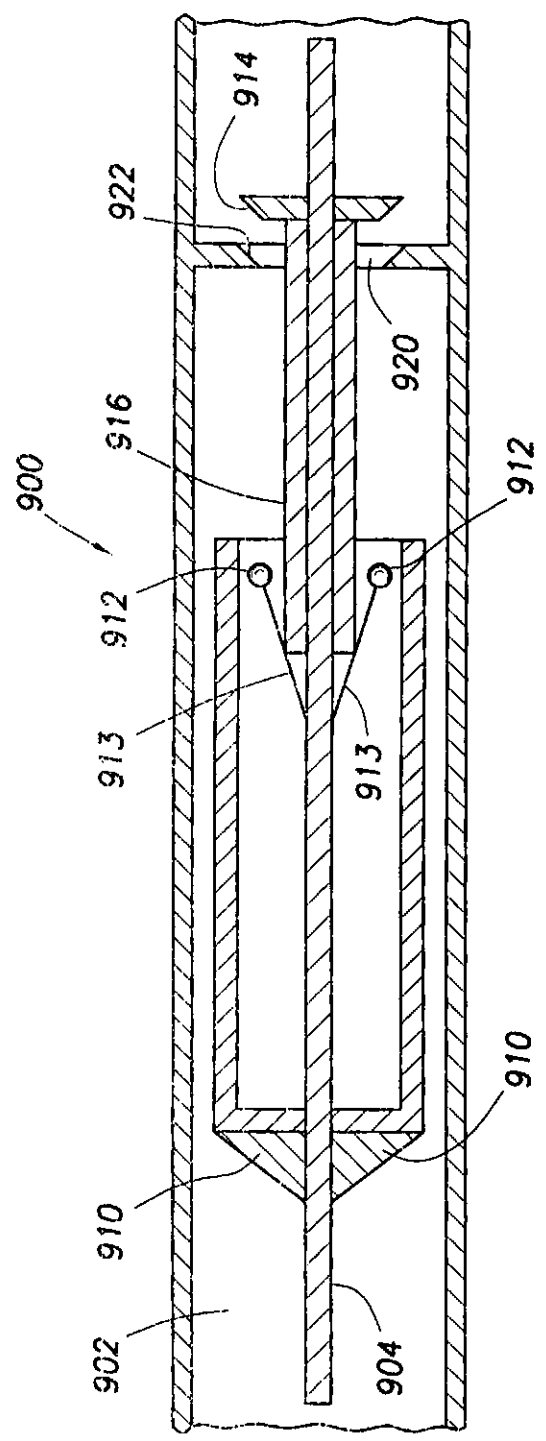
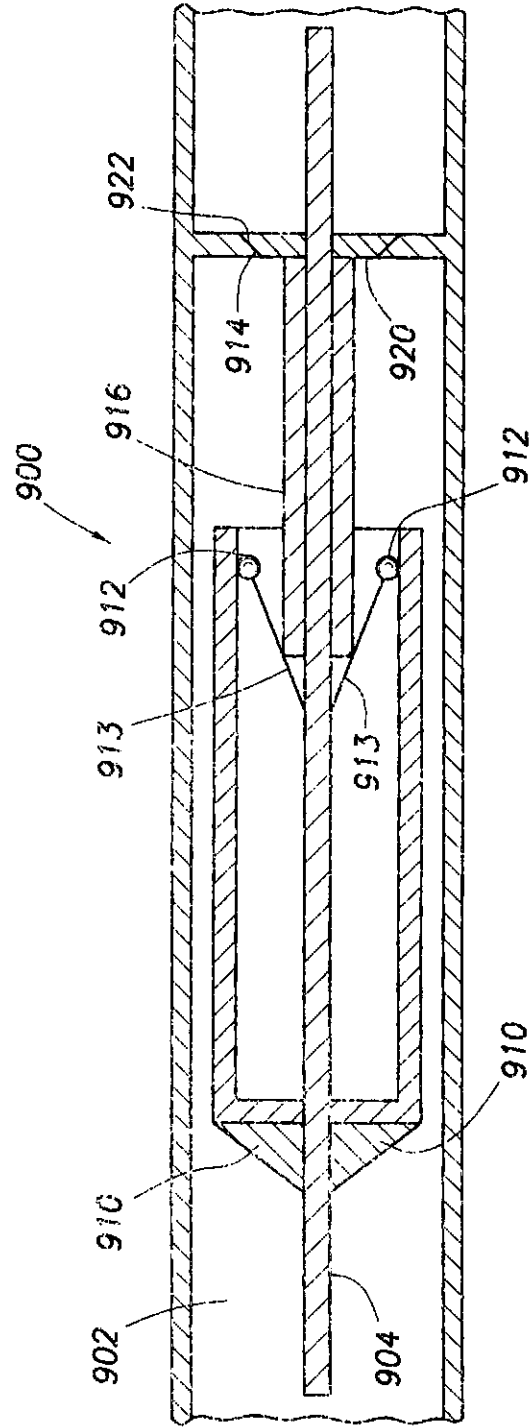


FIG. 27

+



METHOD AND APPARATUS FOR CONTROLLING FLUID FLOW USING
MOVABLE FLOW DIVERTER ASSEMBLY

Inventors: Jason D. Dykstra
Residency: USA
3405 Hillpark Lane
Carrollton, TX

Michael L. Fripp
Residency: USA
3826 Cemetery Hill Road
Carrollton, TX

Orlando DeJesus
Residency: USA
9146 Commonwealth Drive
Frisco, TX

CROSS-REFERENCE TO RELATED APPLICATIONS

None

FIELD OF INVENTION

[0001] The invention relates to apparatus and methods for controlling fluid flow in a subterranean well having a movable flow control mechanism which actuates in response to a change of a characteristic of the fluid flow.

BACKGROUND OF INVENTION

[0002] During the completion of a well that traverses a subterranean formation, production tubing and various equipment are installed in the well to enable safe and efficient production of the formation fluids. For example, to control the flow rate of

production fluids into the production tubing, it is common practice to install one or more inflow control devices within the tubing string.

[0003] Formations often produce multiple constituents in the production fluid, namely, natural gas, oil, and water. It is often desirable to reduce or prevent the production of one constituent in favor of another. For example, in an oil producing well, it may be desired to minimize natural gas production and to maximize oil production. While various downhole tools have been utilized for fluid separation and for control of production fluids, a need has arisen for a device for controlling the inflow of formation fluids. Further, a need has arisen for such a fluid flow control device that is responsive to changes in characteristic of the fluid flow as it changes over time during the life of the well and without requiring intervention by the operator.

SUMMARY

[0004] Apparatus and methods for controlling the flow of fluid, such as formation fluid, through an oilfield tubular positioned in a wellbore extending through a subterranean formation. Fluid flow is autonomously controlled in response to change in a fluid flow characteristic, such as density. In one embodiment, a fluid diverter is movable between an open and closed position in response to fluid density change and operable to restrict fluid flow through a valve assembly inlet. The diverter can be pivotable, rotatable or otherwise movable in response to the fluid density change. In one embodiment, the diverter is operable to control a fluid flow ratio through two valve inlets. The fluid flow ratio is used to operate a valve member to restrict fluid flow through the valve. In other embodiments, the fluid diverter moves in response to density change in the fluid to affect fluid flow patterns in a tubular, the change in flow pattern operating a valve assembly.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[0005] For a more complete understanding of the features and advantages of the present invention, reference is now made to the detailed description of the invention along with the accompanying figures in which corresponding numerals in the different figures refer to corresponding parts and in which:

[0006] Figure 1 is a schematic illustration of a well system including a plurality of autonomous fluid control assemblies according to the present invention;

[0007] Figure 2 is a side view in partial cross-section of one embodiment of the fluid control apparatus having pivoting diverter arms and in a higher density fluid according to one aspect of the invention;

[0008] Figure 3 is a side view in partial cross-section of one embodiment of the fluid control apparatus having pivoting diverter arms and in a lower density fluid according to one aspect of the invention;

[0009] Figure 4 is a detail side cross-sectional view of an exemplary fluid valve assembly according to one aspect of the invention;

[0010] Figure 5 is an end view taken along line A-A of Figure 4;

[0011] Figure 6 is a bottom view in cross-section of the valve assembly of Figure 2 with the valve member in the closed position (the apparatus in fluid of a relatively high density);

[0012] Figure 7 is a bottom view in cross-section of the valve assembly of Figure 3 with the valve member in the open position (the apparatus in fluid of a relatively low density);

[0013] Figure 8 is an orthogonal view of a fluid flow control apparatus having the diverter configuration according to Figure 2;

[0014] Figure 9 is an elevational view of another embodiment of the fluid control apparatus having a rotating diverter according to one aspect of the invention;

[0015] Figure 10 is an exploded view of the fluid control apparatus of Figure 9;

[0016] Figure 11 is a schematic flow diagram having an end of flow control device used in conjunction with the fluid control apparatus according to one aspect of the invention;

[0017] Figure 12 is a side cross-sectional view of the fluid control apparatus of Figure 9 with the diverter shown in the closed position with the apparatus in the fluid of lower density;

[0018] Figure 13 is a side cross-sectional view of the fluid control apparatus of Figure 9 with the apparatus in fluid of a higher density;

[0019] Figure 14 is a detail side view in cross-section of the fluid control apparatus of Figure 9;

[0020] Figure 15 is a schematic illustrating the principles of buoyancy;

[0021] Figure 16 is a schematic drawing illustrating the effect of buoyancy on objects of differing density and volume immersed in the fluid air;

[0022] Figure 17 is a schematic drawing illustrating the effect of buoyancy on objects of differing density and volume immersed in the fluid natural gas;

[0023] Figure 18 is a schematic drawing illustrating the effect of buoyancy on objects of differing density and volume immersed in the fluid oil;

[0024] Figure 19 is a schematic drawing of one embodiment of the invention illustrating the relative buoyancy and positions in fluids of different relative density;

[0025] Figure 20 is a schematic drawing of one embodiment of the invention illustrating the relative buoyancy and positions in fluids of different relative density;

[0026] Figure 21 is an elevational view of another embodiment of the fluid control apparatus having a rotating diverter that changes the flow direction according to one aspect of the invention.

[0027] Figure 22 shows the apparatus of Figure 21 in the position where the fluid flow is minimally restricted.

[0028] Figures 23 through 26 are side cross-sectional views of the closing mechanism in Figure 21.

[0029] Figure 27 is a side cross-sectional view of another embodiment of the fluid control apparatus having a rotating flow-driven resistance assembly, shown in an open position, according to one aspect of the invention; and

[0030] Figure 28 is a side cross-sectional view of the embodiment seen in Figure 27 having a rotating flow-driven resistance assembly, shown in a closed position.

[0031] It should be understood by those skilled in the art that the use of directional terms such as above, below, upper, lower, upward, downward and the like are used in relation to the illustrative embodiments as they are depicted in the figures, the upward direction being toward the top of the corresponding figure and the downward direction being toward the bottom of the corresponding figure. Where this is not the case and a term is being used to indicate a required orientation, the Specification will state or make such clear either explicitly or from context. Upstream and downstream are used to indication location or direction in relation to the surface, where upstream indicates relative position or movement towards the surface along the wellbore and downstream indicates relative position or movement further away from the surface along the wellbore.

DETAILED DESCRIPTION OF PREFERRED EMBODIMENTS

[0032] While the making and using of various embodiments of the present invention are discussed in detail below, a practitioner of the art will appreciate that the present invention provides applicable inventive concepts which can be embodied in a variety of specific contexts. The specific embodiments discussed herein are illustrative of specific ways to make and use the invention and do not delimit the scope of the present invention.

[0033] Figure 1 is a schematic illustration of a well system, indicated generally as 10, including a plurality of autonomous density-actuated fluid control assemblies embodying principles of the present invention. A wellbore 12 extends through various earth strata. Wellbore 12 has a substantially vertical section 14, the upper portion of which has installed therein a casing string 16. Wellbore 12 also has a substantially deviated section 18, shown as horizontal, that extends through a hydrocarbon bearing subterranean formation 20.

[0034] Positioned within wellbore 12 and extending from the surface is a tubing string 22. Tubing string 22 provides a conduit for formation fluids to travel from formation 20 upstream to the surface. Positioned within tubing string 22 in the various production intervals adjacent to formation 20 are a plurality of fluid control assemblies 25 and a plurality of production tubular sections 24. On either side of each production tubulars 24 is a packer 26 that provides a fluid seal between tubing string 22 and the wall of wellbore 12. Each pair of adjacent packers 26 defines a production interval.

[0035] In the illustrated embodiment, each of the production tubular sections 24 provides sand control capability. The sand control screen elements or filter media associated with production tubular sections 24 are designed to allow fluids to flow therethrough but prevent particulate matter of sufficient size from flowing therethrough. The exact design of the screen element associated with fluid flow control devices 24 is not critical to the present invention as long as it is suitably designed for the characteristics of the formation fluids and for any treatment operations to be performed.

[0036] The term “natural gas” as used herein means a mixture of hydrocarbons (and varying quantities of non-hydrocarbons) that exist in a gaseous phase at room temperature and pressure. The term does not indicate that the natural gas is in a gaseous phase at the downhole location of the inventive systems. Indeed, it is to be understood that the flow control system is for use in locations where the pressure and temperature are

such that natural gas will be in a mostly liquefied state, though other components may be present and some components may be in a gaseous state. The inventive concept will work with liquids or gases or when both are present.

[0037] The formation fluid flowing into the production tubular 24 typically comprises more than one fluid component. Typical components are natural gas, oil, water, steam, or carbon dioxide. Steam, water, and carbon dioxide are commonly used as injection fluids to drive the hydrocarbon towards the production tubular, whereas natural gas, oil and water are typically found *in situ* in the formation. The proportion of these components in the formation fluid flowing into the production tubular will vary over time and based on conditions within the formation and wellbore. Likewise, the composition of the fluid flowing into the various production tubing sections throughout the length of the entire production string can vary significantly from section to section. The fluid control apparatus is designed to restrict production from an interval when it has a higher proportion of an undesired component based on the relative density of the fluid.

[0038] Accordingly, when a production interval corresponding to a particular one of the fluid control assemblies produces a greater proportion of an undesired fluid component, the fluid control apparatus in that interval will restrict production flow from that interval. Thus, the other production intervals which are producing a greater proportion of desired fluid component, for example oil, will contribute more to the production stream entering tubing string 22. Through use of the fluid control assemblies 25 of the present invention and by providing numerous production intervals, control over the volume and composition of the produced fluids is enabled. For example, in an oil production operation if an undesired component of the production fluid, such as water, steam, carbon dioxide, or natural gas, is entering one of the production intervals at greater than a target percentage, the fluid control apparatus in that interval will autonomously

restrict production of formation fluid from that interval based on the density change when those components are present in greater than the targeted amount.

[0039] The fluid control apparatus actuates in response to density changes of the fluid *in situ*. The apparatus is designed to restrict fluid flow when the fluid reaches a target density. The density can be chosen to restrict flow of the fluid when it reaches a target percentage of an undesirable component. For example, it may be desired to allow production of formation fluid where the fluid is composed of 80 percent oil (or more) with a corresponding composition of 20 percent (or less) of natural gas. Flow is restricted if the fluid falls below the target percentage of oil. Hence, the target density is production fluid density of a composition of 80 percent oil and 20 percent natural gas. If the fluid density becomes too low, flow is restricted by the mechanisms explained herein. Equivalently, an undesired higher density fluid could be restricted while a desired lower density fluid is produced.

[0040] Even though Figure 1 depicts the fluid control assemblies of the present invention in an open hole environment, it should be understood by those skilled in the art that the invention is equally well suited for use in cased wells. Also, even though Figure 1 depicts one fluid control apparatus in each production interval, it should be understood that any number of apparatus of the present invention can be deployed within a production interval without departing from the principles of the present invention.

[0041] Further, it is envisioned that the fluid control apparatus 25 can be used in conjunction with other downhole devices including inflow control devices (ICD) and screen assemblies. Inflow control devices and screen assemblies are not described here in detail, are known in the art, and are commercially available from Halliburton Energy Services, Inc. among others.

[0042] In addition, Figure 1 depicts the fluid control apparatus of the present invention in a deviated section of the wellbore which is illustrated as a horizontal

wellbore. It should be understood by those skilled in the art that the apparatus of the present invention are suited for use in deviated wellbores, including horizontal wellbores, as well as vertical wellbores. As used herein, deviated wellbores refer to wellbores which are intentionally drilled away from the vertical.

[0043] Figure 2 shows one embodiment of a fluid control apparatus 25 for controlling the flow of fluids in a downhole tubular. For purposes of discussion, the exemplary apparatus will be discussed as functioning to control production of formation fluid, restricting production of formation fluid with a greater proportion of natural gas. The flow control apparatus 25 is actuated by the change in formation fluid density. The fluid control apparatus 25 can be used along the length of a wellbore in a production string to provide fluid control at a plurality of locations. This can be advantageous, for example, to equalize production flow of oil in situations where a greater flow rate is expected at the heel of a horizontal well than at the toe of the well.

[0044] The fluid control apparatus 25 effectively restricts inflow of an undesired fluid while allowing minimally restricted flow of a desired fluid. For example, the fluid control apparatus 25 can be configured to restrict flow of formation fluid when the fluid is composed of a preselected percentage of natural gas, or where the formation fluid density is lower than a target density. In such a case, the fluid control apparatus selects oil production over gas production, effectively restricting gas production.

[0045] Figure 2 is a side view in partial cross-section of one embodiment of the fluid control apparatus 25 for use in an oilfield tubular positioned in a wellbore extending through a subterranean formation. The fluid control apparatus 25 includes two valve assemblies 200 and fluid diverter assembly 100. The fluid diverter assembly 100 has a fluid diverter 101 with two diverter arms 102. The diverter arms 102 are connected to one another and pivot about a pivoting joint 103. The diverter 101 is manufactured from a substance of a density selected to actuate the diverter arms 102 when the downhole

fluid reaches a preselected density. The diverter can be made of plastic, rubber, composite material, metal, other material, or a combination of these materials.

[0046] The fluid diverter arms 102 are used to select how fluid flow is split between lower inlet 204 and upper inlet 206 of the valve assembly 200 and hence to control fluid flow through the tubular. The fluid diverter 101 is actuated by change in the density of the fluid in which it is immersed and the corresponding change in the buoyancy of the diverter 101. When the density of the diverter 101 is higher than the fluid, the diverter will "sink" to the position shown in Figure 2, referred to as the closed position since the valve assembly 200 is closed (restricting flow) when the diverter arms 102 are in this position. In the closed position, the diverter arms 102 pivot downward positioning the ends of the arms 102 proximate to inlet 204. If the formation fluid density increases to a density higher than that of the diverter 101, the change will actuate the diverter 101, causing it to "float" and moving the diverter 101 to the position shown in Figure 3. The fluid control apparatus is in an open position in Figure 3 since the valve assembly 200 is open when the diverter arms are in the position shown.

[0047] The fluid diverting arms operate on the difference in the density of the downhole fluid over time. For example, the buoyancy of the diverter arms is different in a fluid composed primarily of oil versus a fluid primarily composed of natural gas. Similarly, the buoyancy changes in oil versus water, water versus gas, etc. The buoyancy principles are explained more fully herein with respect to Figures 15-20. The arms will move between the open and closed positions in response to the changing fluid density. In the embodiment seen in Figure 2, the diverter 101 material is of a higher density than the typical downhole fluid and will remain in the position shown in Figure 2 regardless of the fluid density. In such a case, a biasing mechanism 106 can be used, here shown as a leaf spring, to offset gravitational effects such that the diverter arms 102 will move to the open position even though the diverter arms are denser than the downhole fluid, such as

oil. Other biasing mechanisms as are known in the art may be employed such as, but not limited to, counterweights, other spring types, etc., and the biasing mechanisms can be positioned in other locations, such as at or near the ends of the diverter arms. Here, the biasing spring 106 is connected to the two diverter arms 102, tending to pivot them upwards and towards the position seen in Figure 3. The biasing mechanism and the force it exerts are selected such that the diverter arms 102 will move to the position seen in Figure 3 when the fluid reaches a preselected density. The density of the diverter arms and the force of the biasing spring are selected to result in actuation of the diverter arms when the fluid in which the apparatus is immersed reaches a preselected density.

[0048] The valve assembly 200 seen in Figure 2 is shown in detail in the cross-sectional view in Figure 4. The valve assembly shown is exemplary in nature and the details and configuration of the valve can be altered without departing from the spirit of the invention. The valve assembly 200 has a valve housing 202 with a lower inlet 204, an upper inlet 206, and an outlet 208. The valve chamber 210 contains a valve member 212 operable to restrict fluid flow through the outlet 208. An example valve member 212 comprises a pressure-activated end or arm 218 and a stopper end or arm 216 for restricting flow through outlet 208. The valve member 212 is mounted in the valve housing 202 to rotate about pivot 214. In the closed position, the stopper end 216 of the valve member is proximate to and restricts fluid flow through the outlet 208. The stopper end can restrict or stop flow.

[0049] The exemplary valve assembly 200 includes a venturi pressure converter to enhance the driving pressure of the valve assembly. Based on Bernoulli's principle, assuming other properties of the flow remain constant, the static pressure will decrease as the flow velocity increases. A fluid flow ratio is created between the two inlets 204 and 206 by using the diverter arms 102 to restrict flow through one of the fluid inlets of the valve assembly, thereby reducing volumetric fluid flow through that inlet. The inlets 204

and 206 have venturi constrictions therein to enhance the pressure change at each pressure port 224 and 226. The venturi pressure converter allows the valve to have a small pressure differential at the inlets but a larger pressure differential can be used to open and close the valve assembly 200.

[0050] Figure 5 is an end view in cross-section taken along line A-A of Figure 4. Pressure ports 224 and 226 are seen in the cross-sectional view. Upper pressure port 226 communicates fluid pressure from upper inlet 206 to one side of the valve chamber 210. Similarly, lower pressure port 224 communicates pressure as measured at the lower inlet 204 to the opposite side of the valve chamber 210. The difference in pressure actuates the pressure-activated arm 218 of the valve member 212. The pressure-activated arm 218 will be pushed by the higher pressure side, or suctioned by the lower pressure side, and pivot accordingly.

[0051] Figures 6 and 7 are bottom views in cross-section of the valve assembly seen in Figures 2 and 3. Figure 6 shows the valve assembly in a closed position with the fluid diverter arms 102 in the corresponding closed position as seen in Figure 2. The diverter arm 102 is positioned to restrict fluid flow into lower inlet 204 of the valve assembly 200. A relatively larger flow rate is realized in the upper inlet 206. The difference in flow rate and resultant difference in fluid pressure is used, via pressure ports 224 and 226, to actuate pressure-activated arm 218 of valve member 212. When the diverter arm 102 is in the closed position, it restricts the fluid flow into the lower inlet 204 and allows relatively greater flow in the upper inlet 206. A relatively lower pressure is thereby conveyed through the upper pressure port 226 while a relatively greater pressure is conveyed through the lower pressure port 224. The pressure-activated arm 218 is actuated by this pressure difference and pulled toward the low pressure side of the valve chamber 210 to the closed position seen in Figure 6. The valve member 212 rotates about pivot 214 and the stopper end 216 of the valve member 212 is moved proximate the

outlet 208, thereby restricting fluid flow through the valve assembly 200. In a production well, the formation fluid flowing from the formation and into the valve assembly is thereby restricted from flowing into the production string and to the surface.

[0052] A biasing mechanism 228, such as a spring or a counterweight, can be employed to bias the valve member 212 towards one position. As shown, the leaf spring biases the member 212 towards the open position as seen in Figure 7. Other devices may be employed in the valve assembly, such as the diaphragm 230 to control or prevent fluid flow or pressure from acting on portions of the valve assembly or to control or prevent fines from interfering with the movement of the pivot, 214. Further, alternate embodiments will be readily apparent to those of skill in the art for the valve assembly. For example, bellows, pressure balloons, and alternate valve member designs can be employed.

[0053] Figure 7 is a bottom cross-section view of the valve assembly 200 seen in an open position corresponding to Figure 3. In Figure 7, the diverter arm 102 is in an open position with the diverter arm 102 proximate the upper inlet 206 and restricting fluid flow into the upper inlet. A greater flow rate is realized in the lower inlet 204. The resulting pressure difference in the inlets, as measured through pressure ports 224 and 226, results in actuation and movement of the valve member 212 to the open position. The pressure-activated arm of the member 212 is pulled towards the pressure port 224, pivoting the valve member 212 and moving the stopper end 216 away from the outlet 208. Fluid flows freely through the valve assembly 200 and into the production string and to the surface.

[0054] Figure 8 is an orthogonal view of a fluid control assembly 25 in a housing 120 and connected to a production tubing string 24. In this embodiment, the housing 120 is a downhole tubular with openings 114 for allowing fluid flow into the interior opening of the housing. Formation fluid flows from the formation into the

wellbore and then through the openings 114. The density of the formation fluid determines the behavior and actuation of the fluid diverter arms 102. Formation fluid then flows into the valve assemblies 200 on either end of the assembly 25. Fluid flows from the fluid control apparatus to the interior passageway 27 that leads towards the interior of the production tubing, not shown. In the preferred embodiment seen in Figures 2-8, the fluid control assembly has a valve assembly 200 at each end. Formation fluid flowing through the assemblies can be routed into the production string, or formation fluid from the downstream end can be flowed elsewhere, such as back into the wellbore.

[0055] The dual-arm and dual valve assembly design seen in the figures can be replaced with a single arm and single valve assembly design. An alternate housing 120 is seen in Figures 6 and 7 where the housing comprises a plurality of rods connecting the two valve assembly housings 202.

[0056] Note that the embodiment as seen in Figures 2-8 can be modified to restrict production of various fluids as the composition and density of the fluid changes. For example, the embodiment can be designed to restrict water production while allowing oil production, restrict oil production while allowing natural gas production, restrict water production while allowing natural gas production, etc. The valve assembly can be designed such that the valve is open when the diverter is in a “floating,” buoyant or upper position, as seen in Figure 3, or can be designed to be open where the diverter is in a “sunk” or lower position, as seen in Figure 2, depending on the application. For example, to select natural gas production over water production, the valve assembly is designed to be closed when the diverter rises due to its buoyancy in the relatively higher density of water, to the position seen in Figure 3.

[0057] Further, the embodiment can be employed in processes other than production from a hydrocarbon well. For example, the device can be utilized during

injection of fluids into a wellbore to select injection of steam over water based on the relative densities of these fluids. During the injection process, hot water and steam are often commingled and exist in varying ratios in the injection fluid. Often hot water is circulated downhole until the wellbore has reached the desired temperature and pressure conditions to provide primarily steam for injection into the formation. It is typically not desirable to inject hot water into the formation. Consequently, the flow control apparatus 25 can be utilized to select for injection of steam (or other injection fluid) over injection of hot water or other less desirable fluids. The diverter will actuate based on the relative density of the injection fluid. When the injection fluid has an undesirable proportion of water and a consequently relatively higher density, the diverter will float to the position seen in Figure 3, thereby restricting injection fluid flow into the upper inlet 206 of the valve assembly 200. The resulting pressure differential between the upper and lower inlets 204 and 206 is utilized to move the valve assembly to a closed position, thereby restricting flow of the undesired fluid through the outlet 208 and the formation. As the injection fluid changes to a higher proportion of steam, with a consequent change to a lower density, the diverter will move to the opposite position, thereby reducing the restriction on the fluid to the formation. The injection methods described above are described for steam injection. It is to be understood that carbon dioxide or other injection fluid can be utilized.

[0058] Figure 9 is an elevation view of another embodiment of a fluid control apparatus 325 having a rotating diverter 301. The fluid control assembly 325 includes a fluid diverter assembly 300 with a movable fluid diverter 301 and two valve assemblies 400 at either end of the diverter assembly.

[0059] The diverter 301 is mounted for rotational movement in response to changes in fluid density. The exemplary diverter 301 shown is semi-circular in cross-section along a majority of its length with circular cross-sectional portions at either end.

The embodiment will be described for use in selecting production of a higher density fluid, such as oil, and restricting production of a relatively lower density fluid, such as natural gas. In such a case, the diverter is “weighted” by high density counterweight portions 306 made of material with relatively high density, such as steel or another metal. The portion 304, shown in an exemplary embodiment as semi-circular in cross section, is made of a material of relatively lower density material, such as plastic. The diverter portion 304 is more buoyant than the counterweight portions 306 in denser fluid, causing the diverter to rotate to the upper or open position seen in Figure 10. Conversely, in a fluid of relatively lower density, such as natural gas, the diverter portion 304 is less buoyant than the counterweight portions 306, and the diverter 301 rotates to a closed position as seen in Figure 9. A biasing element, such as a spring-based biasing element, can be used instead of the counterweight.

[0060] Figure 10 is an exploded detail view of the fluid control assembly of Figure 9. In Figure 10, the fluid selector or diverter 301 is rotated into an open position, such as when the assembly is immersed in a fluid with a relatively high density, such as oil. In a higher density fluid, the lower density portion 304 of the diverter 301 is more buoyant and tends to “float.” The lower density portion 304 may be of a lower density than the fluid in such a case. However, it is not required that the lower density portion 304 be less dense than the fluid. Instead, the high density portions 306 of the diverter 301 can serve as a counterweight or biasing member.

[0061] The diverter 301 rotates about its longitudinal axis 309 to the open position as seen in Figure 10. When in the open position, the diverter passageway 308 is aligned with the outlet 408, best seen in Fig. 12, of the valve assembly 400. In this case, the valve assembly 400 has only a single inlet 404 and outlet 408. In the preferred embodiment shown, the assembly 325 further includes fixed support members 310 with multiple ports 312 to facilitate fluid flow through the fixed support.

[0062] As seen in Figures 9-13, the fluid valve assemblies 400 are located at each end of the assembly. The valve assemblies have a single passageway defined therein with inlet 404 and outlet 408. The outlet 408 aligns with the passageway 308 in the diverter 301 when the diverter is in the open position, as seen in Figure 10. Note that the diverter 301 design seen in Figures 9-10 can be employed, with modifications which will be apparent to one of skill in the art, with the venturi pressure valve assembly 200 seen in Figures 2-7. Similarly, the diverter arm design seen in Figure 2 can, with modification, be employed with the valve assembly seen in Figure 9.

[0063] The buoyancy of the diverter creates a torque which rotates the diverter 301 about its longitudinal rotational axis. The torque produced must overcome any frictional and inertial forces tending to hold the diverter in place. Note that physical constraints or stops can be employed to constrain rotational movement of the diverter; that is, to limit rotation to various angles of rotation within a preselected arc or range. The torque will then exceed the static frictional forces to ensure the diverter will move when desired. Further, the constraints can be placed to prevent rotation of the diverter to top or bottom center to prevent possibly getting "stuck" in such an orientation. In one embodiment, the restriction of fluid flow is directly related to the angle of rotation of the diverter within a selected range of rotation. The passageway 308 of the diverter 301 aligns with the outlet 408 of the valve assembly when the diverter is in a completely open position, as seen in Figures 10 and 13. The alignment is partial as the diverter rotates towards the open position, allowing greater flow as the diverter rotates into the fully open position. The degree of flow is directly related to the angle of rotation of the diverter when the diverter rotates between partial and complete alignment with the valve outlet.

[0064] Figure 11 is a flow schematic of one embodiment of the invention. An inflow control device 350, or ICD, is in fluid communication with the fluid control assembly 325. Fluid flows through the inflow control device 300, through the flow

splitter 360 to either end of the fluid control apparatus 325 and then through the exit ports 330. Alternately, the system can be run with the entrance in the center of the fluid control device and the outlets at either end.

[0065] Figure 12 is a side view in cross-section of the fluid control apparatus 325 embodiment seen in Figure 9 with the diverter 301 in the closed position. A housing 302 has within its interior the diverter assembly 300 and valve assemblies 400. The housing includes outlet port 330. In Figure 12, the formation fluid F flows into each valve assembly 400 by inlet 404. Fluid is prevented or restricted from exiting by outlet 408 by the diverter 301.

[0066] The diverter assembly 300 is in a closed position in Figure 12. The diverter 301 is rotated to the closed position as the density of the fluid changes to a denser composition due to the relative densities and buoyancies of the diverter portions 304 and 306. The diverter portion 304 can be denser than the fluid, even where the fluid changes to a denser composition (and whether in the open or closed position) and in the preferred embodiment is denser than the fluid at all times. In such a case, where the diverter portion 304 is denser than the fluid even when the fluid density changes to a denser composition, counterweight portions 306 are utilized. The material in the diverter portion 304 and the material in the counterweight portion 306 have different densities. When immersed in fluid, the effective density of the portions is the actual density of the portions minus the fluid density. The volume and density of the diverter portion 304 and the counterweight portions 306 are selected such that the relative densities and relative buoyancies cause the diverter portion 304 to "sink" and the counterweight portion to "sink" in the fluid when it is of a low density (such as when comprised of natural gas). Conversely, when the fluid changes to a higher density, the diverter portion 304 "rises" or "floats" in the fluid and the counterweight portions "sink" (such as in oil). As used herein,

the terms "sink" and "float" are used to describe how that part of the system moves and does not necessitate that the part be of greater weight or density than the actuating fluid.

[0067] In the closed position, as seen in Figures 9 and 12, the passageway 308 through the diverter portion 306 does not align with the outlet 408 of the valve assembly 400. Fluid is restricted from flowing through the system. Note that it is acceptable in many instances for some fluid to "leak" or flow in small amounts through the system and out through exit port 330.

[0068] Figure 13 is a side view in cross-section of the fluid control apparatus as in Figure 12, however, the diverter 301 is rotated to the open position. In the open position, the outlet 408 of the valve assembly is in alignment with the passageway 308 of the diverter. Fluid F flows from the formation into the interior passageway of the tubular having the apparatus. Fluid enters the valve assembly 400, flows through portal 312 in the fixed support 310, through the passageway 308 in the diverter, and then exits the housing through port or ports 330. The fluid is then directed into production tubing and to the surface. Where oil production is selected over natural gas production, the diverter 301 rotates to the open position when the fluid density in the wellbore reaches a preselected density, such as the expected density of formation oil. The apparatus is designed to receive fluid from both ends simultaneously to balance pressure to both sides of the apparatus and reduce frictional forces during rotation. In an alternate embodiment, the apparatus is designed to allow flow from a single end or from the center outward.

[0069] Figure 15 is a schematic illustrating the principles of buoyancy. Archimedes' principle states that an object wholly or partly immersed in a fluid is buoyed by a force equal to the weight of the fluid displaced by the object. Buoyancy reduces the relative weight of the immersed object. Gravity G acts on the object 404. The object has a mass, m , and a density, ρ -object. The fluid has a density, ρ -fluid. Buoyancy, B , acts upward on the object. The relative weight of the object changes with buoyancy. Consider

a plastic having a relative density (in air) of 1.1. Natural gas has a relative density of approximately 0.3, oil of approximately 0.8, and water of approximately 1.0. The same plastic has a relative density of 0.8 in natural gas, 0.3 in oil, and 0.1 in water. Steel has a relative density of 7.8 in air, 7.5 in oil and 7.0 in water.

[0070] Figures 16-18 are schematic drawings showing the effect of buoyancy on objects of differing density and volume immersed in different fluids. Continuing with the example, placing plastic and steel objects on a balance illustrates the effects of buoyancy. The steel object 406 has a relative volume of one, while the plastic object 408 has a relative volume of 13. In Figure 16, the plastic object 408 has a relative weight in air 410 of 14.3 while the steel object has a relative weight of 7.8. Thus, the plastic object is relatively heavier and causes the balance to lower on the side with the plastic object. When the balance and objects are immersed in natural gas 412, as in Figure 17, the balance remains in the same position. The relative weight of the plastic object is now 10.4 while the relative weight of the steel object is 7.5 in natural gas. In Figure 18, the system is immersed in oil 414. The steel object now has a relative weight of 7.0 while the plastic object has a relative weight of 3.9 in oil. Hence, the balance now moves to the position as shown because the plastic object 408 is more buoyant than the steel object 406.

[0071] Figures 19 and 20 are schematic drawings of the diverter 301 illustrating the relative buoyancy and positions of the diverter in fluids of different relative density. Using the same plastic and steel examples as above and applying the principals to the diverter 301, the steel counterweight portion 306 has a length L of one unit and the plastic diverter portion 304 has a length L of 13 units. The two portions are both hemicylindrical and have the same cross-section. Hence the plastic diverter portion 304 has 13 times the volume of the counterweight portion 306. In oil or water, the steel counterweight portion 306 has a greater actual weight and the diverter 301 rotates to the

position seen in Figure 19. In air or natural gas, the plastic diverter portion 304 has a greater actual weight and the diverter 301 rotates to the lower position seen in Figure 20. These principles are used in designing the diverter 301 to rotate to selected positions when immersed in fluid of known relative densities. The above is merely an example and can be modified to allow the diverter to change position in fluids of any selected density.

[0072] Figure 14 is a side cross-sectional view of one end of the fluid control assembly 325 as seen in Figure 9. Since the operation of the assembly is dependent on the movement of the diverter 301 in response to fluid density, the valve assemblies 400 need to be oriented in the wellbore. A preferred method of orienting the assemblies is to provide a self-orienting valve assembly which is weighted to cause rotation of the assembly in the wellbore. The self-orienting valve assembly is referred to as a “gravity selector.”

[0073] Once properly oriented, the valve assembly 400 and fixed support 310 can be sealed into place to prevent further movement of the valve assembly and to reduce possible leak pathways. In a preferred embodiment, as seen in Figure 14, a sealing agent 340 has been placed around the exterior surfaces of the fixed support 310 and valve assembly 400. Such an agent can be a swellable elastomer, an o-ring, an adhesive or epoxy that bonds when exposed to time, temperature, or fluids for example. The sealing agent 340 may also be placed between various parts of the apparatus which do not need to move relative to one another during operation, such as between the valve assembly 400 and fixed support 310 as shown. Preventing leak paths can be important as leaks can potentially reduce the effectiveness of the apparatus greatly. The sealing agent should not be placed to interfere with rotation of the diverter 301.

[0074] The fluid control apparatus described above can be configured to select oil production over water production based on the relative densities of the two fluids. In a gas well, the fluid control apparatus can be configured to select gas production over oil

or water production. The invention described herein can also be used in injection methods. The fluid control assembly is reversed in orientation such that flow of injection fluid from the surface enters the assembly prior to entering the formation. In an injection operation, the control assembly operates to restrict flow of an undesired fluid, such as water, while not providing increased resistance to flow of a desired fluid, such as steam or carbon dioxide. The fluid control apparatus described herein can also be used on other well operations, such as work-overs, cementing, reverse cementing, gravel packing, hydraulic fracturing, etc. Other uses will be apparent to those skilled in the art.

[0075] Figures 21 and 22 are orthogonal views of another embodiment of a fluid flow control apparatus of the invention having a pivoting diverter arm and valve assembly. The fluid control apparatus 525 has a diverter assembly 600 and valve assembly 700 positioned in a tubular 550. The tubular 550 has an inlet 552 and outlet 554 for allowing fluid flow through the tubular. The diverter assembly 600 includes a diverter arm 602 which rotates about pivot 603 between a closed position, seen in Figure 21, and an open position, seen in Figure 22. The diverter arm 602 is actuated by change in the density of the fluid in which it is immersed. Similar to the descriptions above, the diverter arm 602 has less buoyancy when the fluid flowing through the tubular 550 is of a relatively low density and moves to the closed position. As the fluid changes to a relatively higher density, the buoyancy of the diverter arm 602 increases and the arm is actuated, moving upward to the open position. The pivot end 604 of the diverter arm has a relatively narrow cross-section, allowing fluid flow on either side of the arm. The free end 606 of the diverter arm 602 is preferably of a substantially rectangular cross-section which restricts flow through a portion of the tubular. For example, the free end 606 of the diverter arm 602, as seen in Figure 15, restricts fluid flow along the bottom of the tubular, while in Figure 22 flow is restricted along the upper portion of the tubular. The free end of the diverter arm does not entirely block flow through the tubular.

[0076] The valve assembly 700 includes a rotating valve member 702 mounted pivotally in the tubular 550 and movable between a closed position, seen in Figure 15, wherein fluid flow through the tubular is restricted, and an open position, seen in Figure 22, wherein the fluid is allowed to flow with less restriction through the valve assembly. The valve member 702 rotates about pivot 704. The valve assembly can be designed to partially or completely restrict fluid flow when in the closed position. A stationary flow arm 705 can be utilized to further control fluid flow patterns through the tubular.

[0077] Movement of the diverter arm 602 affects the fluid flow pattern through the tubular 550. When the diverter arm 602 is in the lower or closed position, seen in Figure 15, fluid flowing through the tubular is directed primarily along the upper portion of the tubular. Alternately, when the diverter arm 602 is in the upper or open position, seen in Figure 22, fluid flowing through the tubular is directed primarily along the lower portion of the tubular. Thus, the fluid flow pattern is affected by the relative density of the fluid. In response to the change in fluid flow pattern, the valve assembly 700 moves between the open and closed positions. In the embodiment shown, the fluid control apparatus 525 is designed to select a fluid of a relatively higher density. That is, a more dense fluid, such as oil, will cause the diverter arm 602 to "float" to an open position, as in Figure 22, thereby affecting the fluid flow pattern and opening the valve assembly 700. As the fluid changes to a lower density, such as gas, the diverter arm 602 "sinks" to the closed position and the affected fluid flow causes the valve assembly 700 to close, restricting flow of the less dense fluid.

[0078] A counterweight 601 may be used to adjust the fluid density at which the diverter arm 602 "floats" or "sinks" and can also be used to allow the material of the floater arm to have a significantly higher density than the fluid where the diverter arm "floats." As explained above in relation to the rotating diverter system, the relative buoyancy or effective density of the diverter arm in relation to the fluid density will

determine the conditions under which the diverter arm will change between open and closed or upper and lower positions.

[0079] Of course, the embodiment seen in Figure 21 can be designed to select more or less dense fluids as described elsewhere herein, and can be utilized in several processes and methods, as will be understood by one of skill in the art.

[0080] Figures 23-26 show further cross-section detail views of embodiments of a flow control apparatus utilizing a diverter arm as in Figure 21. In Figure 17, the flow controlled valve member 702 is a pivoting wedge 710 movable about pivot 711 between a closed position (shown) wherein the wedge 710 restricts flow through an outlet 712 extending through a wall 714 of the valve assembly 700, and an open position wherein the wedge 710 does not restrict flow through the outlet 712.

[0081] Similarly, Figure 24 shows an embodiment having a pivoting wedge-shaped valve member 720. The wedge-shaped valve member 720 is seen in an open position with fluid flow unrestricted through valve outlet 712 along the bottom portion of the tubular. Note that the valve outlet 712 in this case is defined in part by the interior surface of the tubular and in part by the valve wall 714. The valve member 720 rotates about pivot 711 between an open and closed position.

[0082] Figure 25 shows another valve assembly embodiment having a pivoting disk valve member 730 which rotates about pivot 711 between an open position (shown) and a closed position. A stationary flow arm 734 can further be employed.

[0083] Figures 21-25 are exemplary embodiments of flow control apparatus having a movable diverter arm which affects fluid flow patterns within a tubular and a valve assembly which moves between an open and a closed position in response to the change in fluid flow pattern. The specifics of the embodiments are for example and are not limiting. The flow diverter arm can be movable about a pivot or pivots, slidable, flexures, or otherwise movable. The diverter can be made of any suitable material or

combination of materials. The tubular can be circular in cross-section, as shown, or otherwise shaped. The diverter arm cross-section is shown as tapered at one end and substantially rectangular at the other end, but other shapes may be employed. The valve assemblies can include multiple outlets, stationary vanes, and shaped walls. The valve member may take any known shape which can be moved between an open and closed position by a change in fluid flow pattern, such as disk, wedge, etc. The valve member can further be movable about a pivot or pivots, slidable, bendable, or otherwise movable. The valve member can completely or partially restrict flow through the valve assembly. These and other examples will be apparent to one of skill in the art.

[0084] As with the other embodiments described herein, the embodiments in Figures 21-25 can be designed to select any fluid based on a target density. The diverter arm can be selected to provide differing flow patterns in response to fluid composition changes between oil, water, gas, etc., as described herein. These embodiments can also be used for various processes and methods such as production, injection, work-overs, cementing and reverse cementing.

[0085] Figure 26 is a schematic view of an embodiment of a flow control apparatus in accordance with the invention having a flow diverter actuated by fluid flow along dual flow paths. Flow control apparatus 800 has a dual flow path assembly 802 with a first flow path 804 and a second flow path 806. The two flow paths are designed to provide differing resistance to fluid flow. The resistance in at least one of the flow paths is dependent on changes in the viscosity, flow rate, density, velocity, or other fluid flow characteristic of the fluid. Exemplary flow paths and variations are described in detail in U.S. Patent Application Serial Number 12/700,685, to Jason Dykstra, et al., filed February 4, 2010, which application is hereby incorporated in its entirety for all purposes. Consequently, only an exemplary embodiment will be briefly described herein.

[0086] In the exemplary embodiment at Figure 26, the first fluid flow path 804 is selected to impart a pressure loss on the fluid flowing through the path which is dependent on the properties of the fluid flow. The second flow path 806 is selected to have a different flow rate dependence on the properties of the fluid flow than the first flow path 804. For example, the first flow path can comprise a long narrow tubular section while the second flow path is an orifice-type pressure loss device having at least one orifice 808, as seen. The relative flow rates through the first and second flow paths define a flow ratio. As the properties of the fluid flow changes, the fluid flow ratio will change. In this example, when the fluid consists of a relatively larger proportion of oil or other viscous fluid, the flow ratio will be relatively low. As the fluid changes to a less viscous composition, such as when natural gas is present, the ratio will increase as fluid flow through the first path increases relative to flow through the second path.

[0087] Other flow path designs can be employed as taught in the incorporated reference, including multiple flow paths, multiple flow control devices, such as orifice plates, tortuous pathways, etc., can be employed. Further, the pathways can be designed to exhibit differing flow ratios in response to other fluid flow characteristics, such as flow rate, velocity, density, etc., as explained in the incorporated reference.

[0088] The valve assembly 820 has a first inlet 830 in fluid communication with the first flow path 804 and a second inlet 832 in fluid communication with the second flow path 806. A movable valve member 822 is positioned in a valve chamber 836 and moves or actuates in response to fluid flowing into the valve inlets 830 and 832. The movable valve member 822, in a preferred embodiment, rotates about pivot 825. Pivot 825 is positioned to control the pivoting of the valve member 822 and can be offset from center, as shown, to provide the desired response to flow from the inlets. Alternate movable valve members can rotate, pivot, slide, bend, flex, or otherwise move in response to fluid flow. In an example, the valve member 822 is designed to rotate about

pivot 825 to an open position, seen in Figure 20, when the fluid is composed of a relatively high amount of oil while moving to a closed position when the fluid changes to a relatively higher amount of natural gas. Again, the valve assembly and member can be designed to open and close when the fluid is of target amount of a fluid flow characteristic and can select oil versus natural gas, oil versus water, natural gas versus water, etc.

[0089] The movable valve member 822 has a flow sensor 824 with first and second flow sensor arms 838 and 840, respectively. The flow sensor 824 moves in response to changes in flow pattern from fluid through inlets 830 and 832. Specifically, the first sensor arm 838 is positioned in the flow path from the first inlet 830 and the second sensor arm 840 is positioned in the flow path of the second inlet 832. Each of the sensor arms has impingement surfaces 828. In a preferred embodiment, the impingement surfaces 828 are of a stair-step design to maximize the hydraulic force as the part rotates. The valve member 822 also has a restriction arm 826 which can restrict the valve outlet 834. When the valve member is in the open position, as shown, the restriction arm allows fluid flow through the outlet with no or minimal restriction. As the valve member rotates to a closed position, the restriction arm 826 moves to restrict fluid flow through the valve outlet. The valve can restrict fluid flow through the outlet partially or completely.

[0090] Figure 27 is a cross-sectional side view of another embodiment of a flow control apparatus 900 of the invention having a rotating flow-driven resistance assembly. Fluid flows into the tubular passageway 902 and causes rotation of the rotational flow-driven resistance assembly 904. The fluid flow imparts rotation to the directional vanes 910 which are attached to the rotational member 906. The rotational member is movably positioned in the tubular to rotate about a longitudinal axis of rotation. As the rotational member 906 rotates, angular force is applied to the balance members 912. The faster the

rotation, the more force imparted to the balance members and the greater their tendency to move radially outward from the axis of rotation. The balance members 912 are shown as spherical weights, but can take other alternative form. At a relatively low rate of rotation, the valve support member 916 and attached restriction member 914 remain in the open position, seen in Figure 27. Each of the balance members 912 is movably attached to the rotational member 906, in a preferred embodiment, by balance arms 913. The balance arms 913 are attached to the valve support member 916 which is slidably mounted on the rotational member 906. As the balance members move radially outward, the balance arms pivot radially outwardly, thereby moving the valve support member longitudinally towards a closed position. In the closed position, the valve support member is moved longitudinally in an upstream direction (to the left in Figure 27) with a corresponding movement of the restriction member 914. Restriction member 914 cooperates with the valve wall 922 to restrict fluid flow through valve outlet 920 when in the closed position. The restriction of fluid flow through the outlet depends on the rate of rotation of the rotational flow-driven resistance assembly 904.

[0091] Figure 28 is a cross-sectional side view of the embodiment of the flow control apparatus 900 of Figure 27 in a closed position. Fluid flow in the tubular passageway 902 has caused rotation of the rotational flow-driven resistance assembly 904. At a relatively high rate of rotation, the valve support member 916 and attached restriction member 914 move to the closed position seen in Figure 28. The balance members 912 are moved radially outward from the longitudinal axis by centrifugal force, pivoting balance arms 913 away from the longitudinal axis. The balance arms 913 are attached to the valve support member 916 which is slidably moved on the rotational member 906. The balance members have moved radially outward, the balance arms pivoted radially outward, thereby moving the valve support member longitudinally towards the closed position shown. In the closed position, the valve support member is

moved longitudinally in an upstream direction with a corresponding movement of the restriction member 914. Restriction member 914 cooperates with the valve wall 922 to restrict fluid flow through valve outlet 920 when in the closed position. The restriction of fluid flow through the outlet depends on the rate of rotation of the rotational flow-driven resistance assembly 904. The restriction of flow can be partial or complete. When the fluid flow slows or stops due to movement of the restriction member 914, the rotational speed of the assembly will slow and the valve will once again move to the open position. For this purpose, the assembly can be biased towards the open position by a biasing member, such as a bias spring or the like. It is expected that the assembly will open and close cyclically as the restriction member position changes.

[0092] The rotational rate of the rotation assembly depends on a selected characteristic of the fluid or fluid flow. For example, the rotational assembly shown is viscosity dependent, with greater resistance to rotational movement when the fluid is of a relatively high viscosity. As the viscosity of the fluid decreases, the rotational rate of the rotation assembly increases, thereby restricting flow through the valve outlet. Alternately, the rotational assembly can rotate at varying rates in response to other fluid characteristics such as velocity, flow rate, density, etc., as described herein. The rotational flow-driven assembly can be utilized to restricted flow of fluid of a pre-selected target characteristic. In such a manner, the assembly can be used to allow flow of the fluid when it is of a target composition, such as relatively high oil content, while restricting flow when the fluid changes to a relatively higher content of a less viscous component, such as natural gas. Similarly, the assembly can be designed to select oil over water, natural gas over water, or natural gas over oil in a production method. The assembly can also be used in other processes, such as cementing, injection, work-overs and other methods.

[0093] Further, alternate designs are available for the rotational flow-driven resistance assembly. The balances, balance arms, vanes, restriction member and restriction support member can all be of alternate design and can be positioned up or downstream of one another. Other design decisions will be apparent to those of skill in the art.

[0094] While this invention has been described with reference to illustrative embodiments, this description is not intended to be construed in a limiting sense. Various modifications and combinations of the illustrative embodiments as well as other embodiments of the invention, will be apparent to persons skilled in the art upon reference to the description. It is, therefore, intended that the appended claims encompass any such modifications or embodiments.

CLAIMS

1. A fluid flow control apparatus for use in an oilfield tubular positioned in a wellbore extending through a subterranean formation, the oilfield tubular for flowing fluid therethrough, the fluid having a density which changes over time, the apparatus comprising:
 - a tool housing;
 - a valve assembly having a valve housing with at least one inlet and at least one outlet;
 - a movable fluid diverter positioned in the tool housing, the fluid diverter actuated by change in the fluid density, the fluid diverter movable to restrict fluid flow through at least one valve inlet in response to change in the fluid density.
2. An apparatus as in claim 1 wherein the fluid diverter is of a preselected density and is buoyant in a fluid of a preselected density.
3. An apparatus as in claim 1 wherein the fluid diverter is movable between a first and a second position, and wherein the fluid diverter is biased towards a first position by a biasing member.
4. An apparatus as in claim 3 wherein the biasing member is a spring mechanism.
5. An apparatus as in claim 3 wherein the biasing member is a counterweight.
6. An apparatus as in claim 5 wherein the counterweight has a density different from the density of the fluid diverter.
7. An apparatus as in claim 6 wherein the counterweight is operably connected to the fluid diverter.
8. An apparatus as in claim 3 wherein the fluid diverter has a density greater than the fluid density during operation of the apparatus, the biasing mechanism offsetting the diverter density and allowing the diverter to be actuated by density change in the fluid.
9. An apparatus as in claim 1 wherein the movable fluid diverter pivots.

10. An apparatus as in claim 9 wherein the fluid diverter comprises a second valve assembly, wherein the diverter arm is operable to restrict flow through an inlet of a valve assembly.

11. An apparatus as in claim 9 wherein the at least one inlet of the valve assembly comprises a first inlet and a second inlet, and wherein the fluid diverter rotates between a first position in which the fluid diverter restricts fluid flow into the first inlet and second position in which the fluid diverter restricts fluid flow into the second inlet.

12. An apparatus as in claim 1 wherein the diverter is rotatable about a longitudinal axis.

13. An apparatus as in claim 12 wherein the fluid diverter rotates to a plurality of rotational angles, and wherein restriction of the fluid flow is related to the rotational angle of the fluid diverter.

14. An apparatus as in claim 12 further comprising a second valve assembly, each valve assembly having at least one inlet and at least one outlet, the fluid diverter operable to restrict flow into inlets of both of the valve assemblies when the fluid diverter is in the closed position.

15. An apparatus as in claim 1 further comprising an orientation selector assembly for orienting the valve assembly in the wellbore.

16. An apparatus as in claim 15 wherein the orientation selector assembly utilizes gravity to orient the valve assembly.

17. An apparatus as in claim 15 further comprising a stabilizer to maintain the valve assembly in its orientation.

18. An apparatus as in claim 16 wherein the stabilizer comprises a swellable elastomer.

19. An apparatus as in claim 1, further comprising an inflow control device, and wherein the valve inlet is in fluid communication with the inflow control device.

20. An apparatus as in claim 1 wherein the valve assembly further comprises spaced apart first and second inlets, and wherein the diverter is operable to change the fluid flow ratio between the first and second inlets in response to fluid density change.
21. An apparatus as in claim 20 wherein the change in fluid ratio is operable to actuate a valve member in the valve assembly.
22. An apparatus as in claim 21 wherein the valve assembly further comprises a valve chamber in fluid communication with the valve inlets and valve outlet, the valve chamber housing a valve member movable between a closed position wherein fluid flow through the valve outlet is restricted and an open position wherein fluid flow through the valve outlet is less restricted.
23. An apparatus as in claim 22 wherein the valve member is a pivotable valve arm having one end proximate the valve outlet and operable to restrict flow through the outlet.
24. An apparatus as in claim 21 wherein the valve assembly further comprises venturi pressure converter.
25. An apparatus as in claim 24 wherein the venturi pressure converter communicates pressure to the valve member thereby actuating the valve member.

26. A fluid flow control apparatus for use in an oilfield tubular positioned in a wellbore extending through a subterranean formation, the oilfield tubular for flowing fluid therethrough, the fluid having a density, the apparatus comprising:
- a fluid diverter movable in response to changes in the density of the fluid;
 - the fluid flow following a fluid flow path, wherein movement of the fluid diverter changes the fluid flow path; and
 - a valve assembly for restricting fluid flow, the valve assembly having an open and a closed position, wherein the change in the fluid flow path changes the position of the valve assembly.
27. An apparatus as in claim 26 wherein the fluid diverter is of a preselected density and is buoyant in a fluid of a preselected density.
28. An apparatus as in claim 26 wherein the fluid diverter is biased towards a first position by a biasing member.
29. An apparatus as in claim 28 wherein the biasing member is a spring mechanism.
30. An apparatus as in claim 28 wherein the biasing member is a counterweight.
31. An apparatus as in claim 30 wherein the counterweight has a density different from the density of the fluid diverter.
32. An apparatus as in claim 28 wherein the fluid diverter has a density greater than the fluid density during operation of the apparatus, the biasing mechanism offsetting the diverter density and allowing the diverter to be actuated by density change in the fluid.
33. An apparatus as in claim 26 wherein the fluid diverter is movable by rotating about a rotational axis, movement about the rotational axis changing the fluid flow path.
34. An apparatus as in claim 26 wherein the fluid diverter is movable by pivoting about a pivot.

35. An apparatus as in claim 26 wherein the valve assembly further comprises spaced apart first and second inlets, and wherein the diverter is operable to change the fluid flow ratio between the first and second inlets in response to fluid density change.

36. An apparatus as in claim 35 wherein the change in fluid ratio is operable to actuate a valve member in the valve assembly.

37. An apparatus as in claim 26 wherein the apparatus further comprises a housing, the fluid diverter movably mounted in the housing, the fluid flow path defined by fluid flow along the housing and adjacent the fluid diverter.

38. An apparatus as in claim 37 wherein the valve assembly comprises at least one inlet and at least one outlet, and wherein the fluid flow path is defined in part by the at least one inlet and outlet.

39. An apparatus as in claim 37 wherein the fluid diverter is movable from a first position adjacent a first valve assembly inlet and a second position adjacent a second valve assembly inlet.

40. A fluid flow control apparatus for use in an oilfield tubular positioned in a wellbore extending through a subterranean formation, the oilfield tubular for flowing fluid therethrough, the apparatus comprising:

- a tubular member defining a passageway for fluid to flow through;
- a valve assembly having at least one inlet;
- a flow control assembly mounted for rotational movement in the tubular member, fluid flow imparting rotation to the flow control assembly;
- the flow control assembly having a restriction member for restricting flow through the inlet of the valve assembly.

41. An apparatus as in claim 40, the restriction member mounted to move longitudinally in the tubular member.

42. An apparatus as in claim 41 wherein the restriction member moves between an open position wherein flow through the valve inlet is not restricted and a closed position wherein flow through the valve inlet is restricted.

43. An apparatus as in claim 40 wherein the rotation rate of the flow control assembly is in relation to change in a fluid flow characteristic.

44. An apparatus as in claim 43 wherein the fluid flow characteristic is viscosity.

45. An apparatus as in claim 41 wherein the flow control assembly further comprises a plurality of balance members, the balance members mounted for radial movement in response to rotation of the flow control assembly.

46. An apparatus as in claim 45 wherein the balance members are pivotally mounted to move radially in response to rotation of the fluid control assembly.

47. An apparatus as in claim 46 wherein radial movement of the balance members causes longitudinal movement of the restriction member.

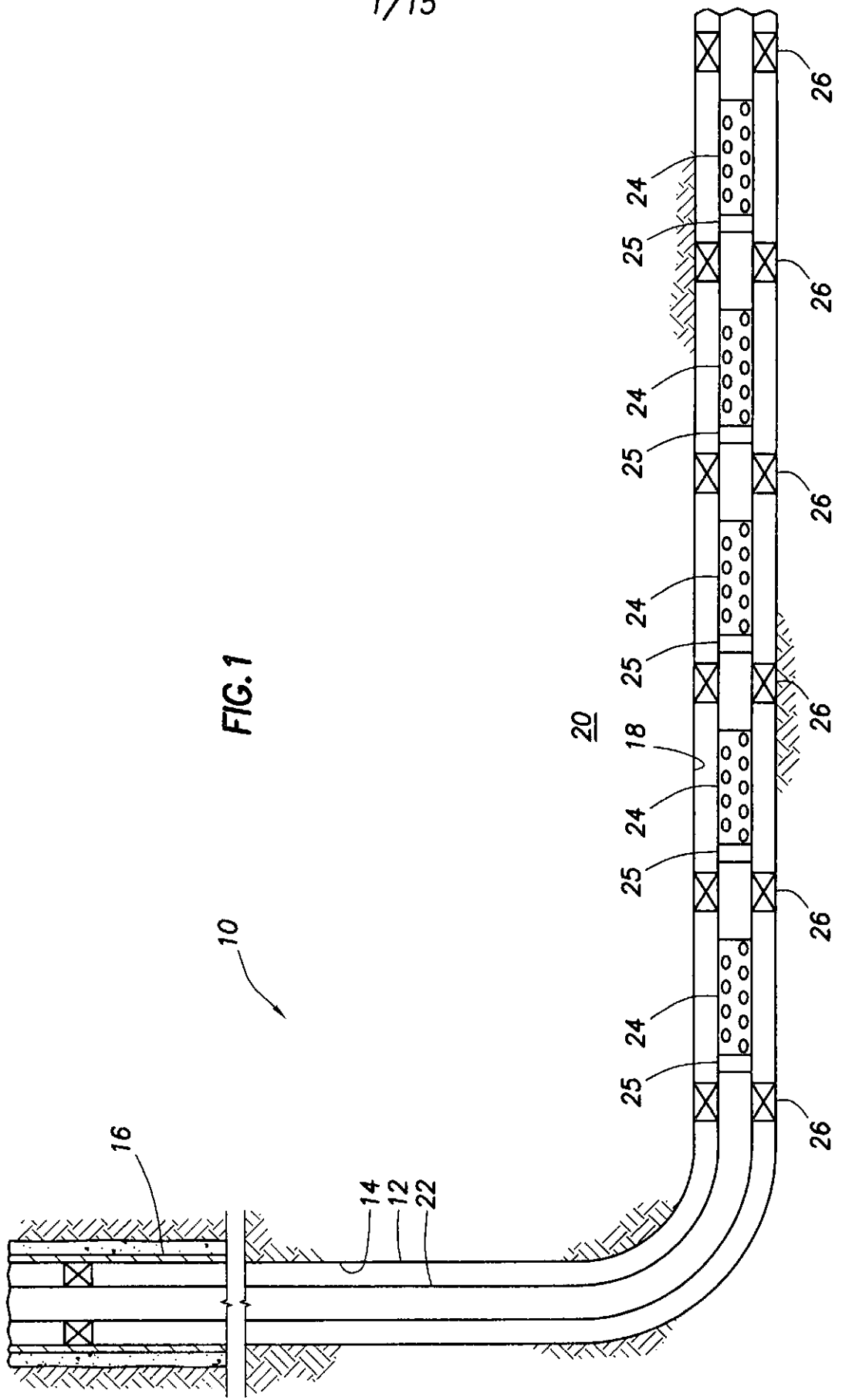
48. An apparatus as in claim 44 wherein the fluid flow through the valve is restricted when the fluid reaches a preselected viscosity.

49. An apparatus as in claim 48 wherein the fluid flow is restricted at a relatively low viscosity and fluid flow is not restricted at a relatively high viscosity.

ABSTRACT

Apparatus and methods for controlling the flow of fluid, such as formation fluid, through an oilfield tubular positioned in a wellbore extending through a subterranean formation. Fluid flow is autonomously controlled in response to change in a fluid flow characteristic, such as density or viscosity. In one embodiment, a fluid diverter is movable between an open and closed position in response to fluid density change and operable to restrict fluid flow through a valve assembly inlet. The diverter can be pivotable, rotatable or otherwise movable in response to the fluid density change. In one embodiment, the diverter is operable to control a fluid flow ratio through two valve inlets. The fluid flow ratio is used to operate a valve member to restrict fluid flow through the valve. In other embodiments, the fluid diverter moves in response to a change in the fluid to affect fluid flow patterns in a tubular, the change in flow pattern operating a valve assembly.

+



+

+

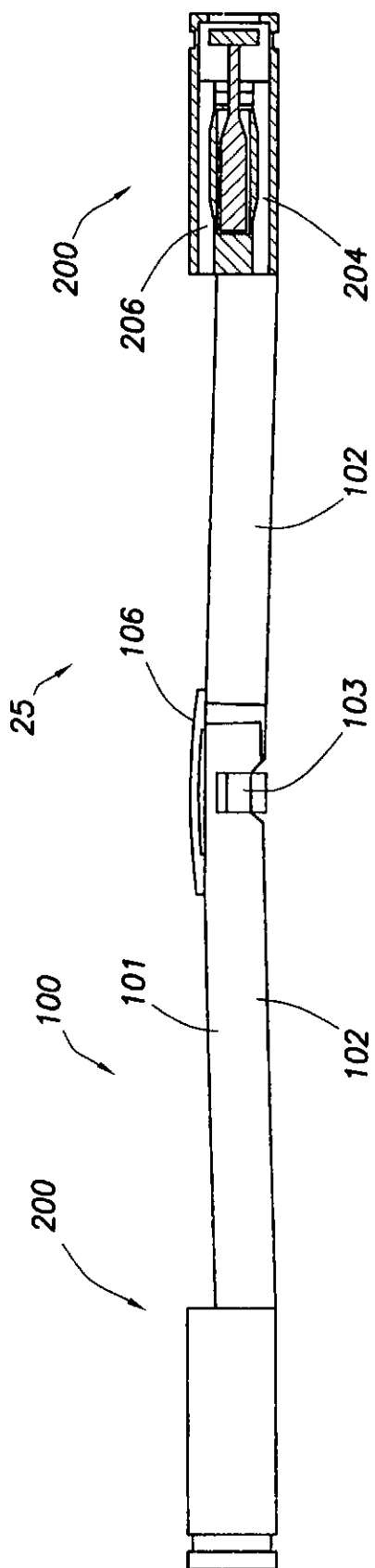


FIG. 2

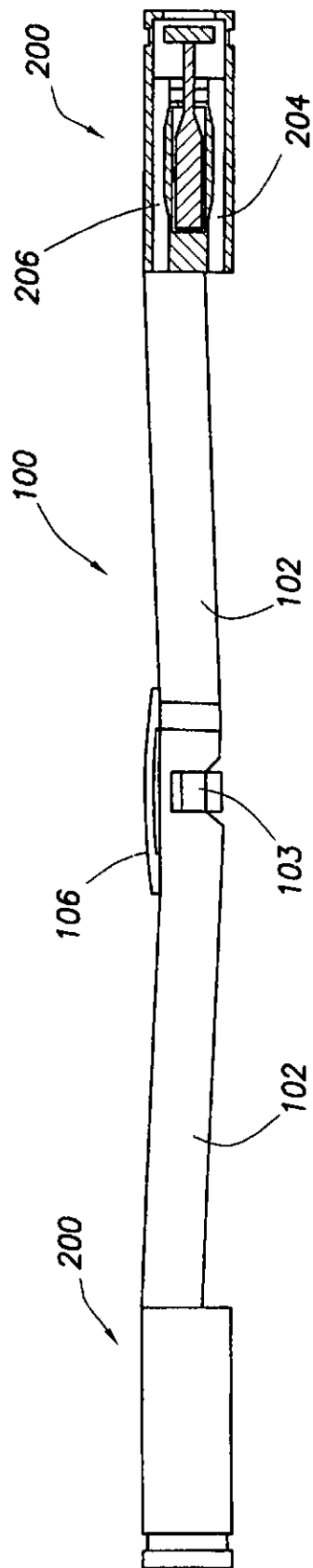


FIG. 3

+

+

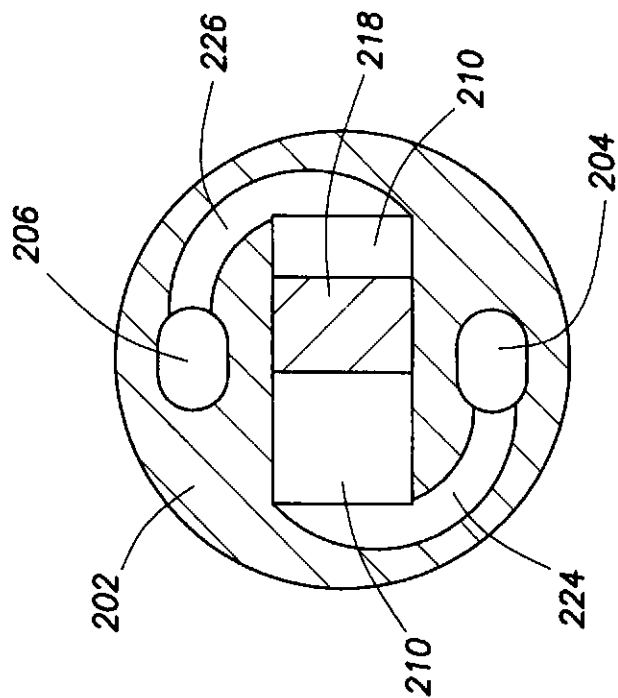


FIG. 5

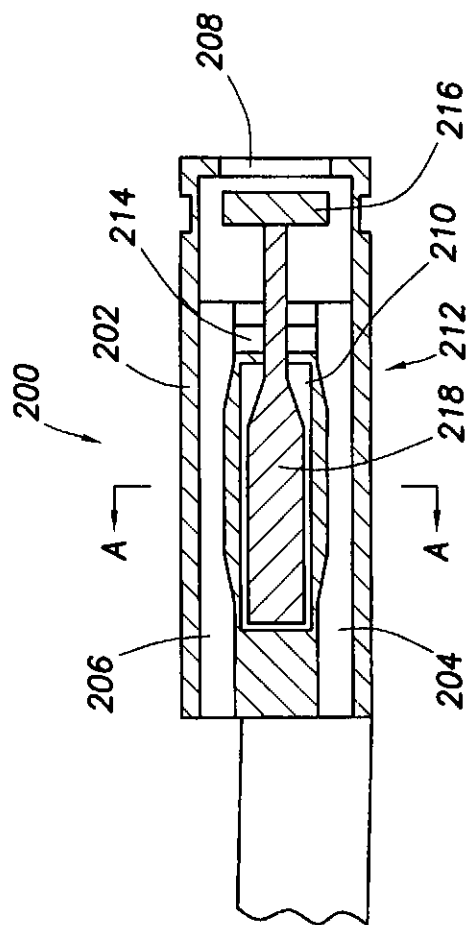


FIG. 4

+

+

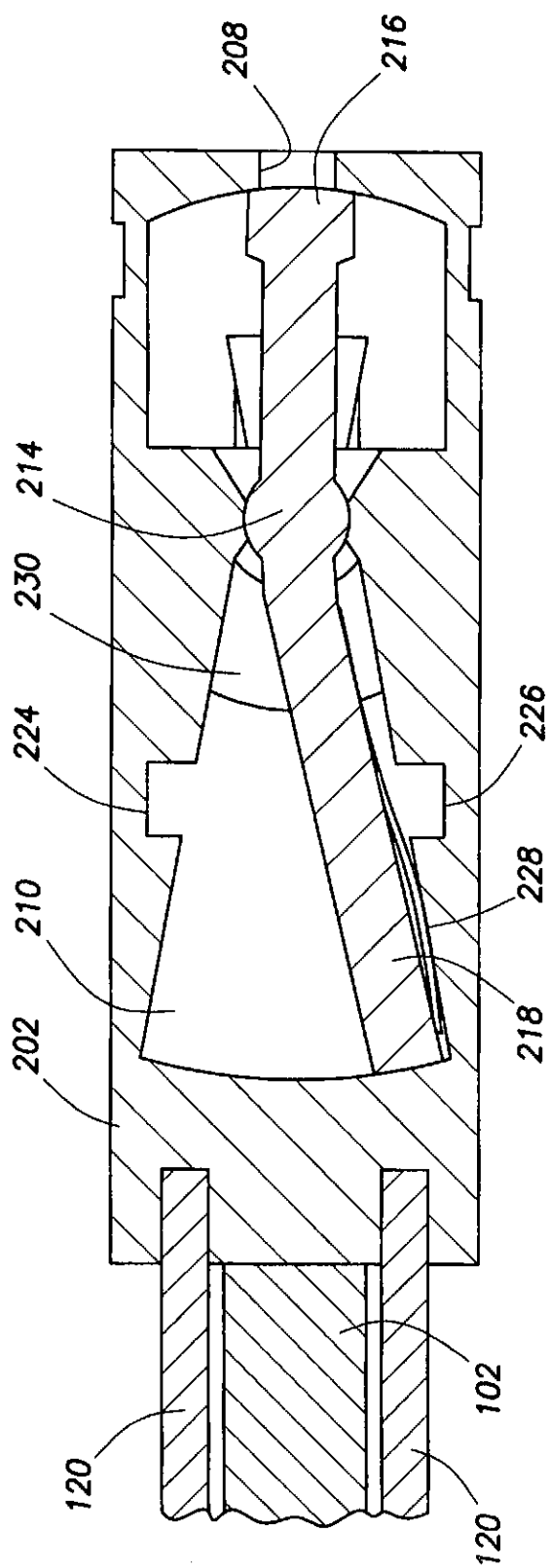


FIG. 6

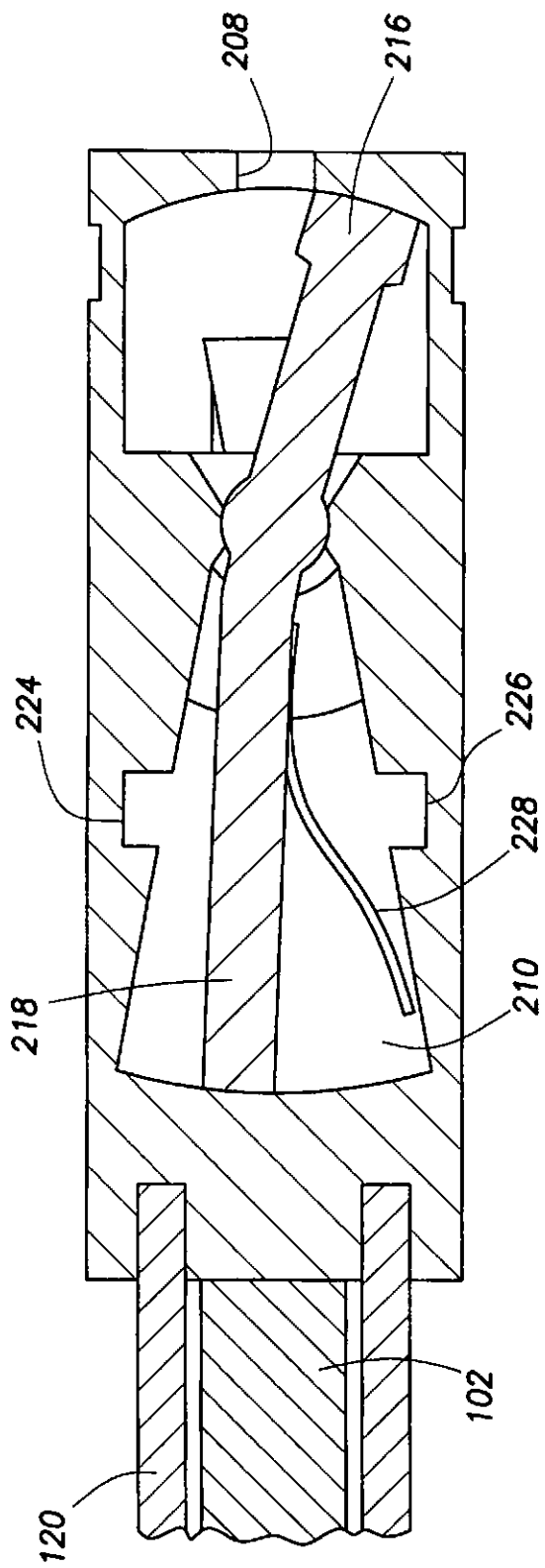


FIG. 7

+

+

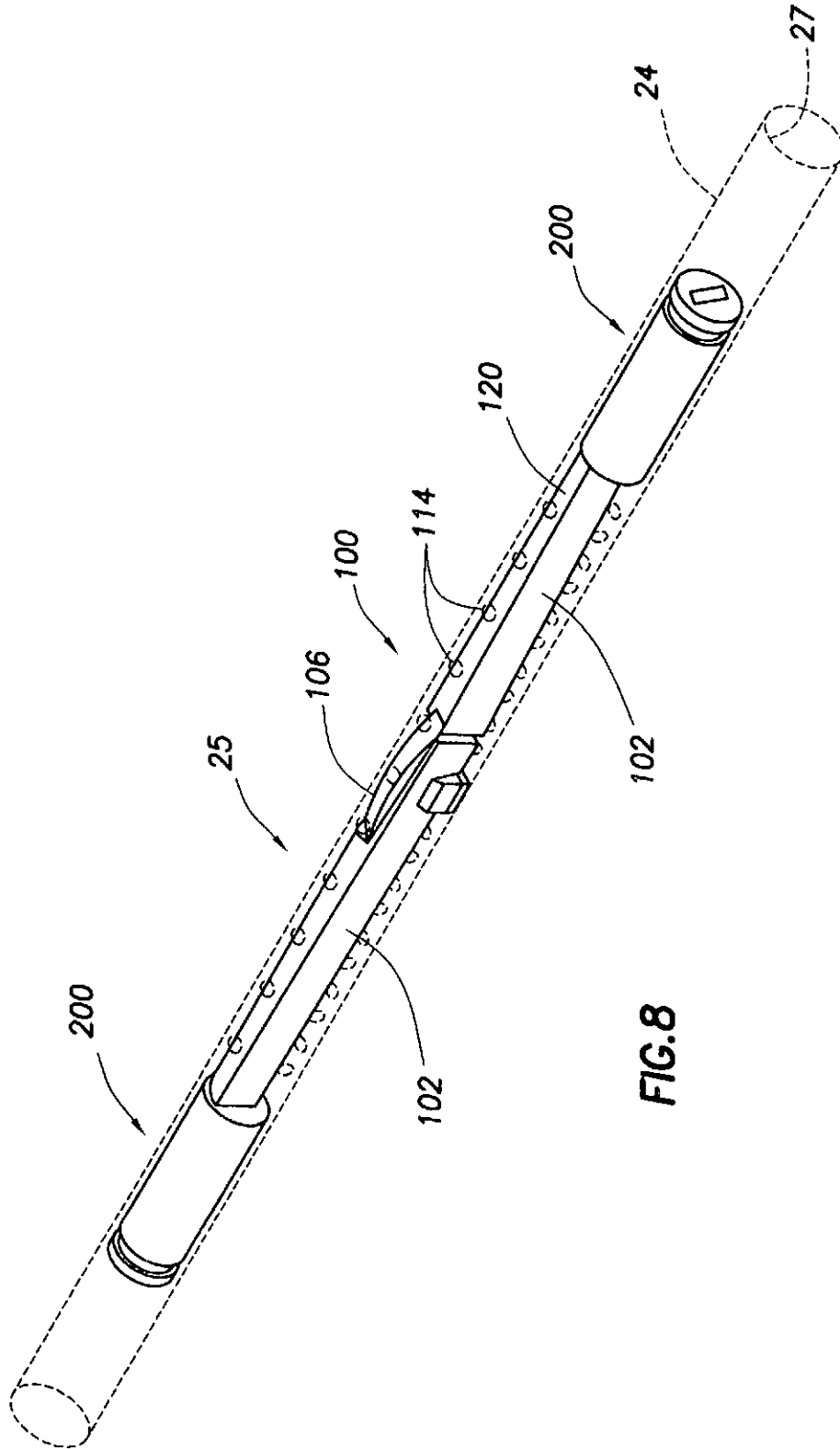
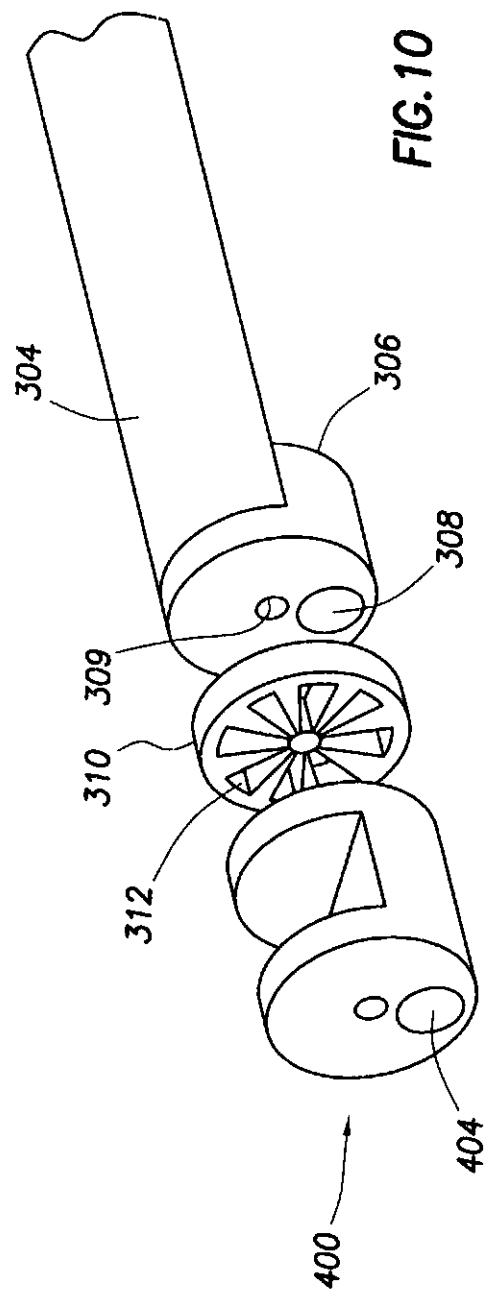
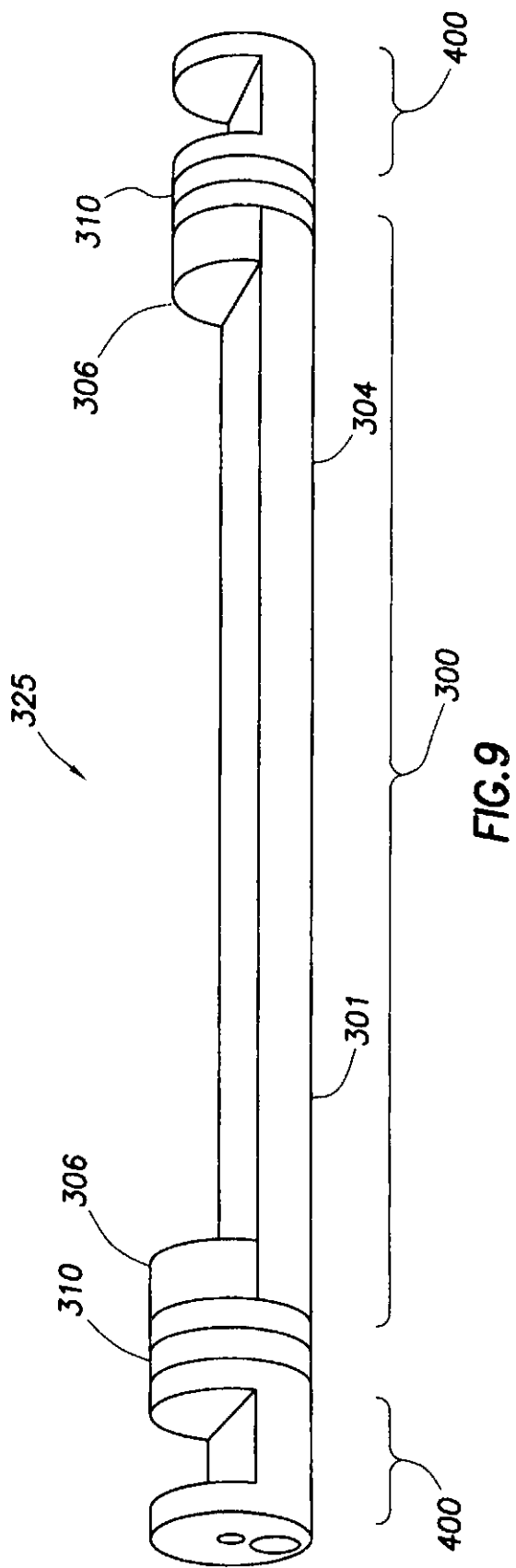


FIG. 8

+

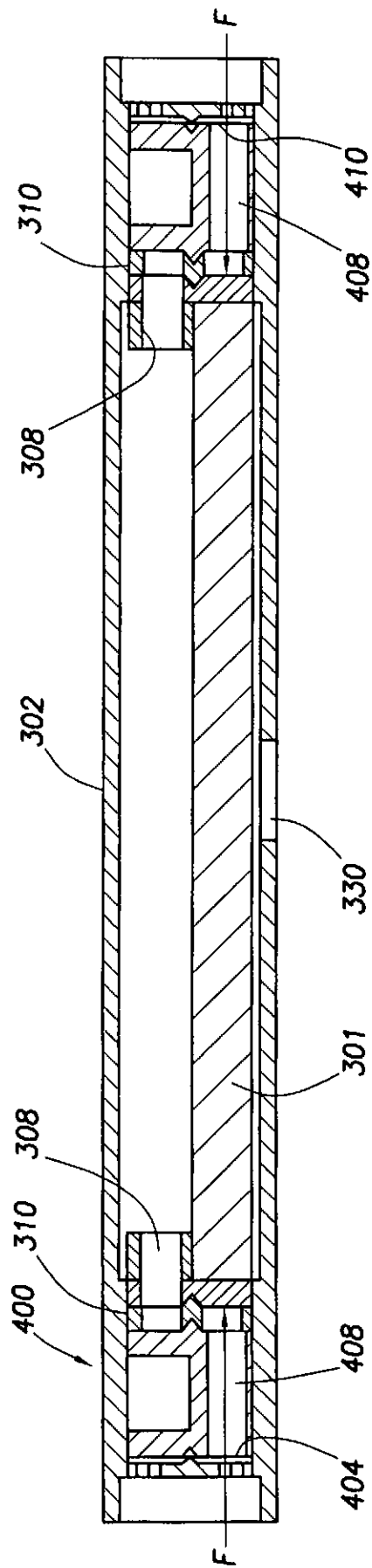
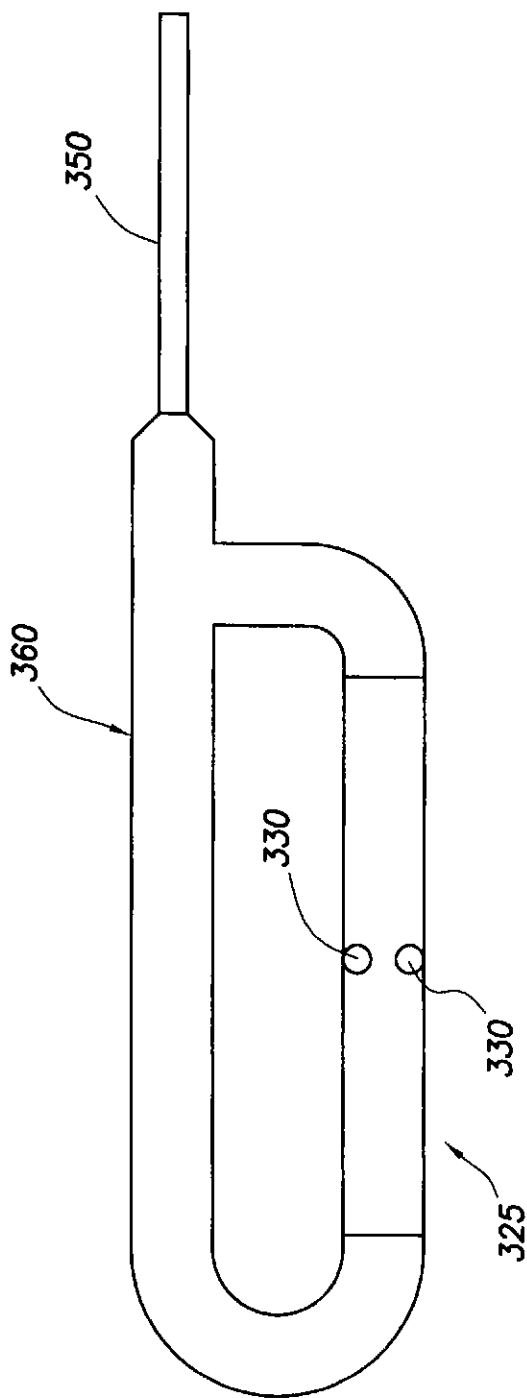
+

6/15



+

+



+

+

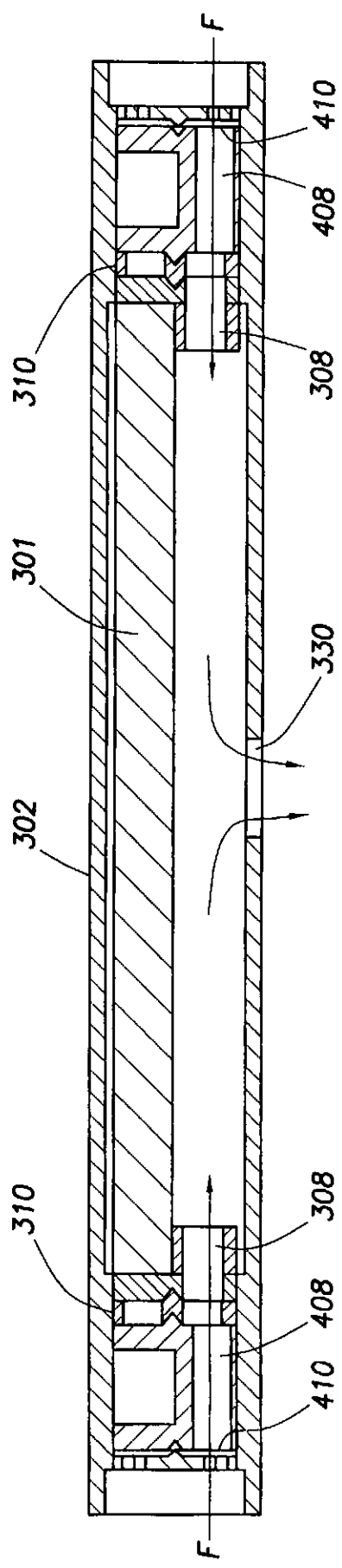


FIG. 13

8/15

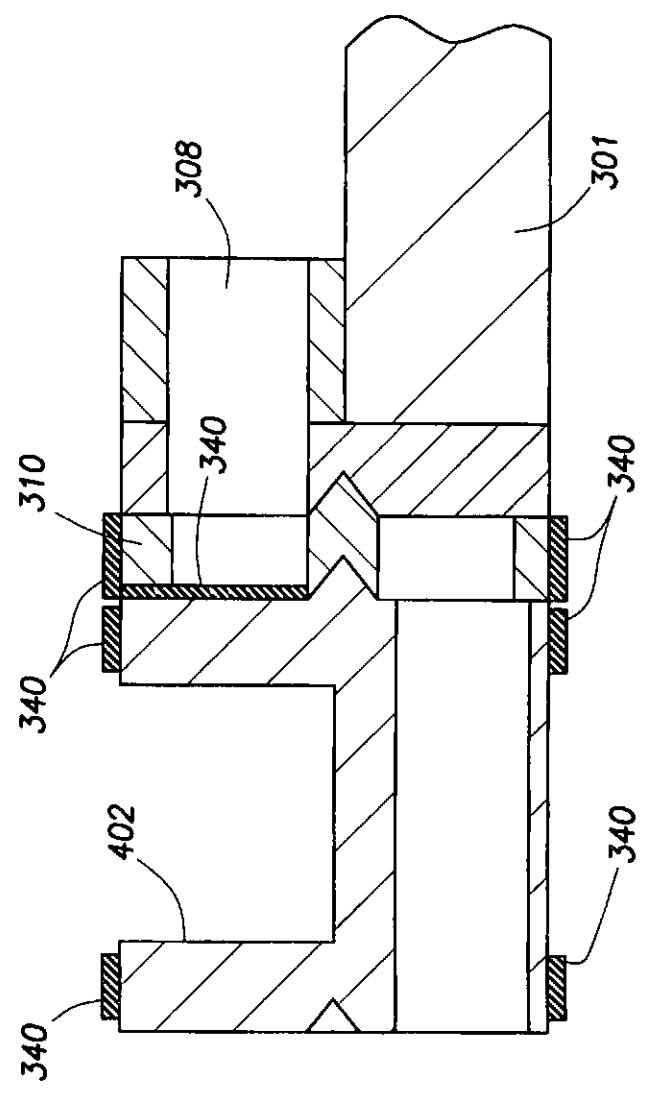


FIG. 14

+

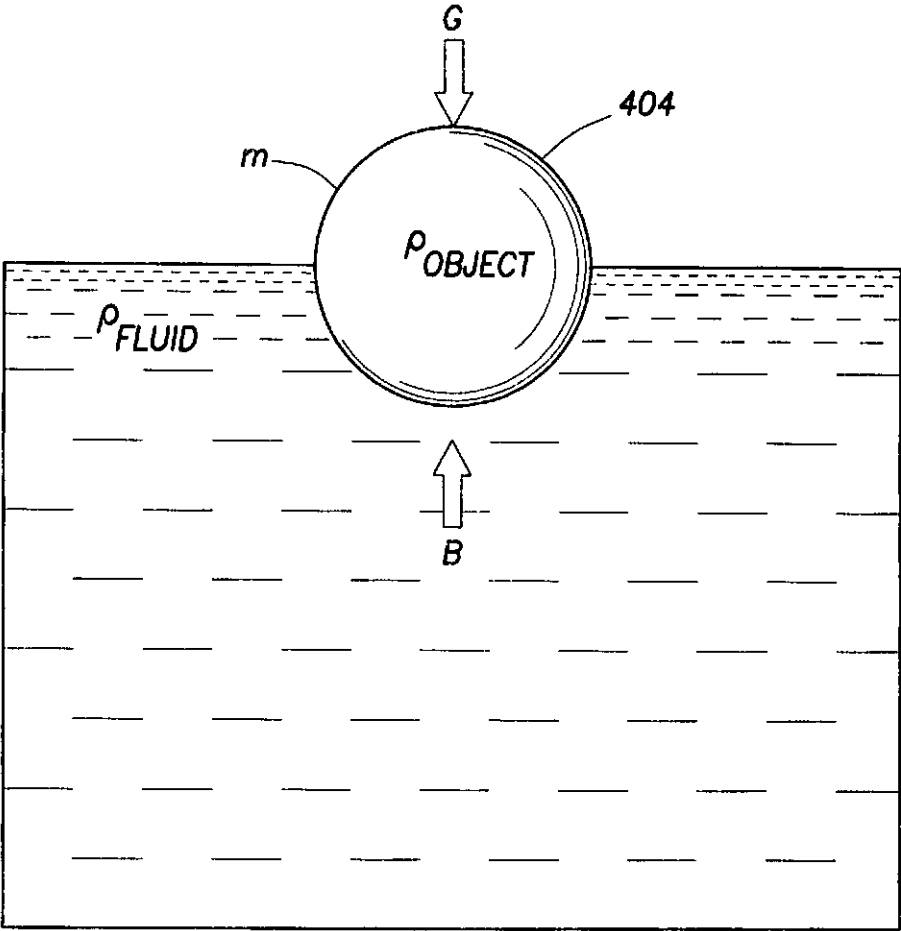


FIG.15

+

10/15

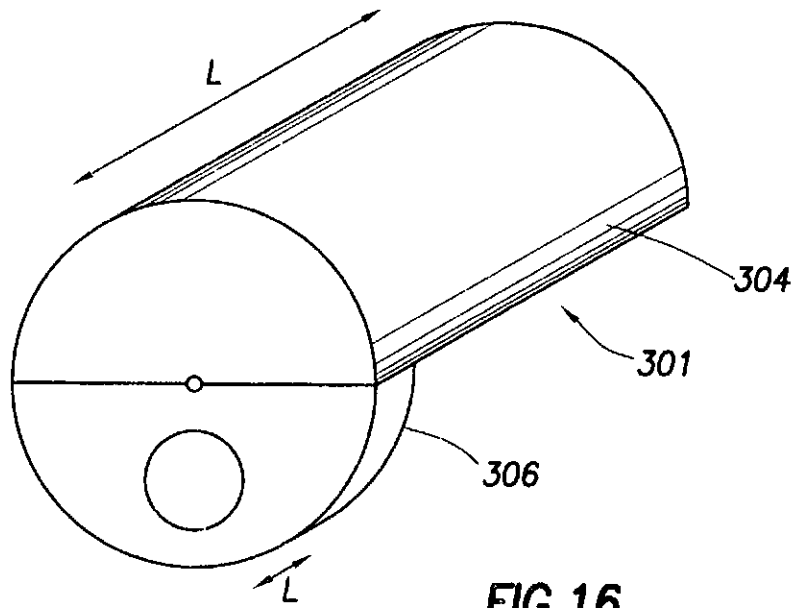


FIG. 16

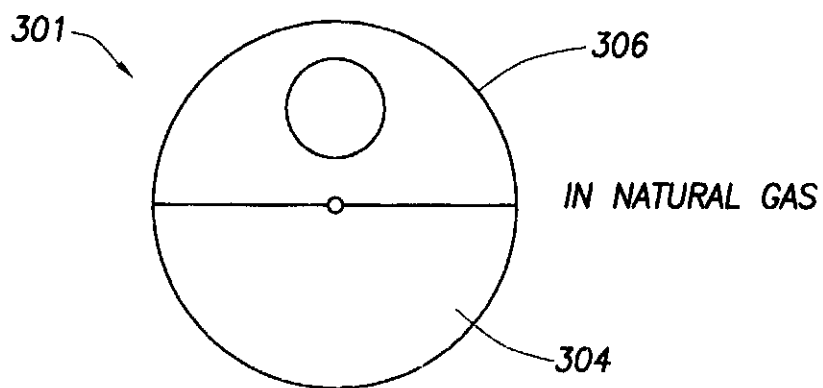


FIG. 17

+

+

11/15

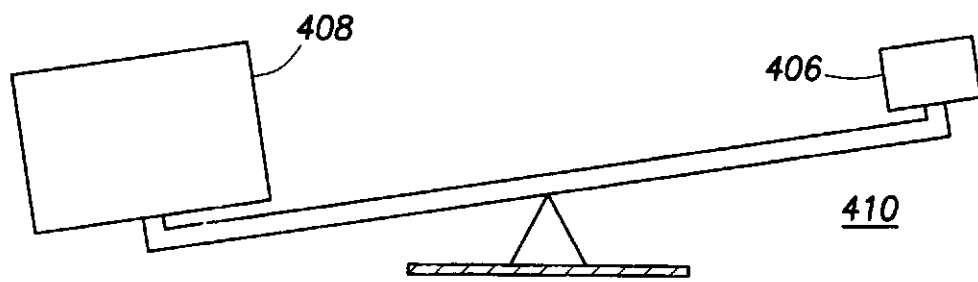


FIG. 18

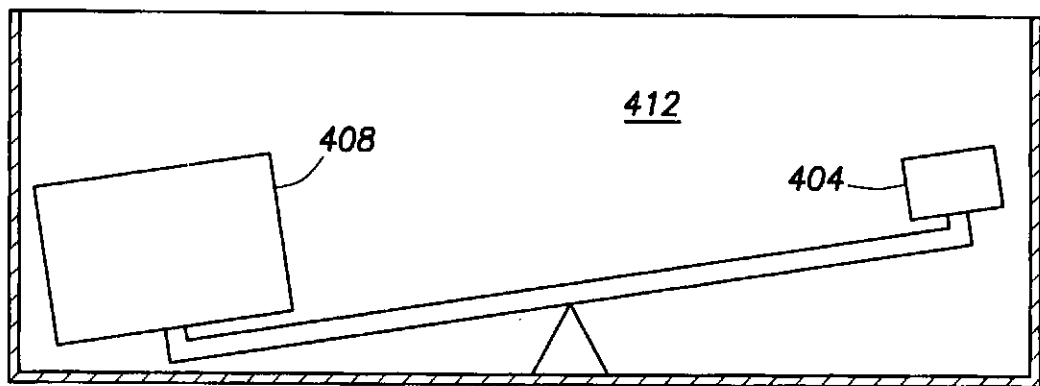


FIG. 19

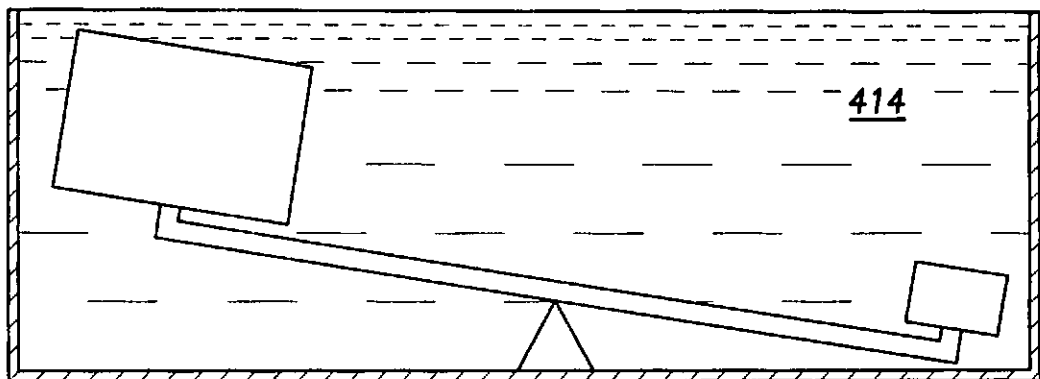
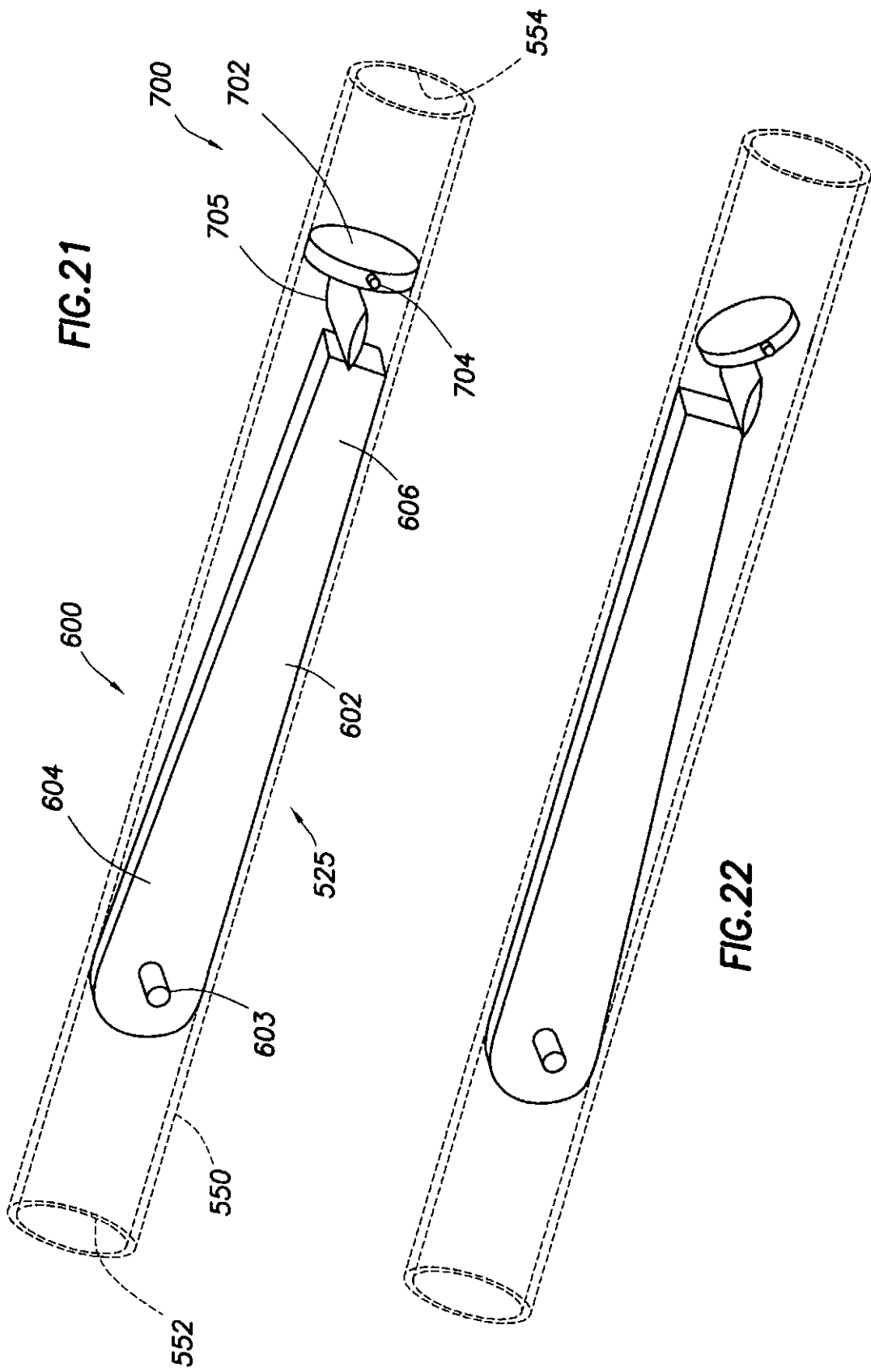


FIG. 20

+



+

13/15

FIG.23

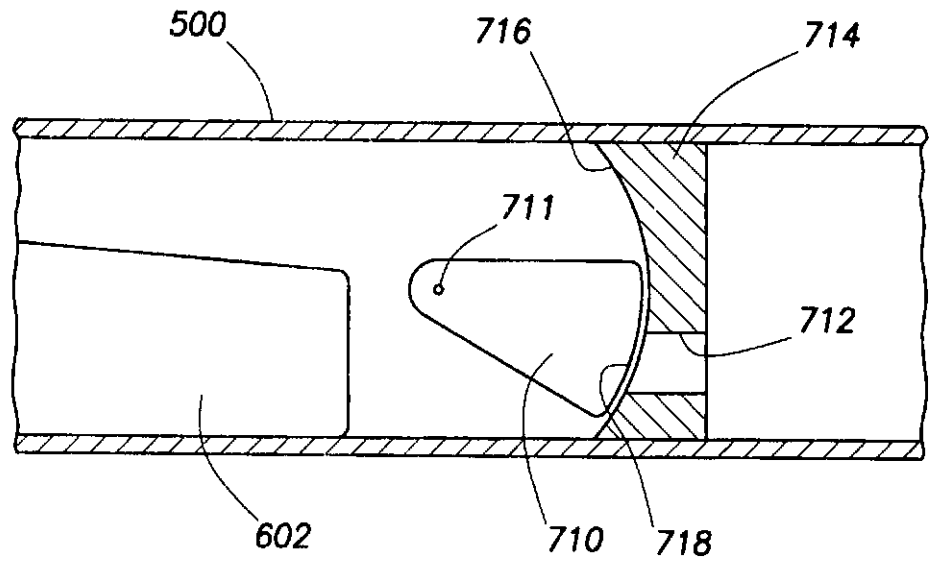


FIG.24

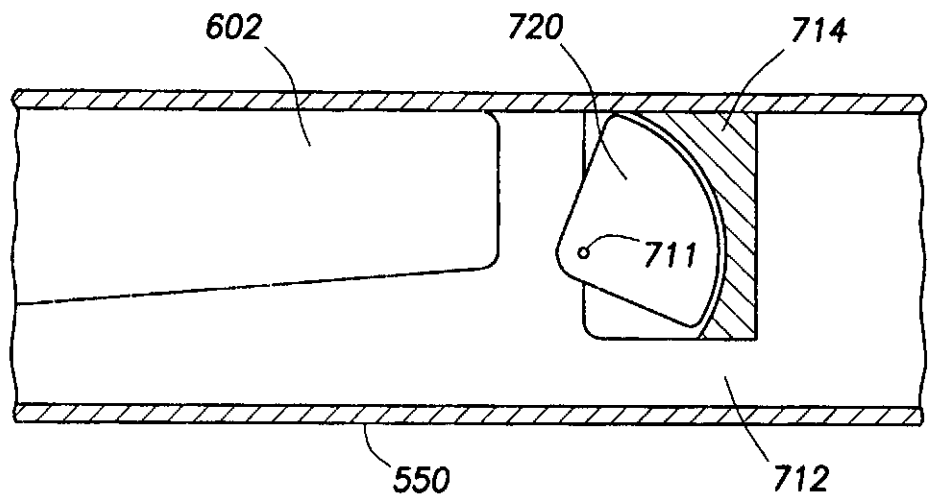
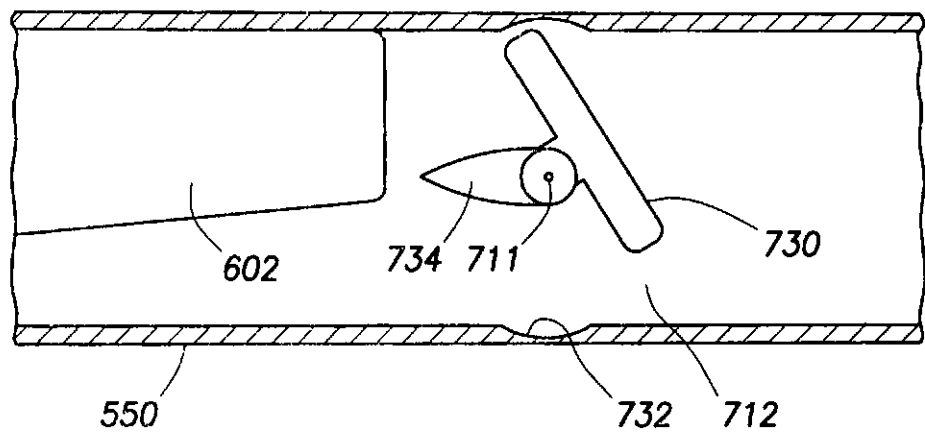


FIG.25



+

+

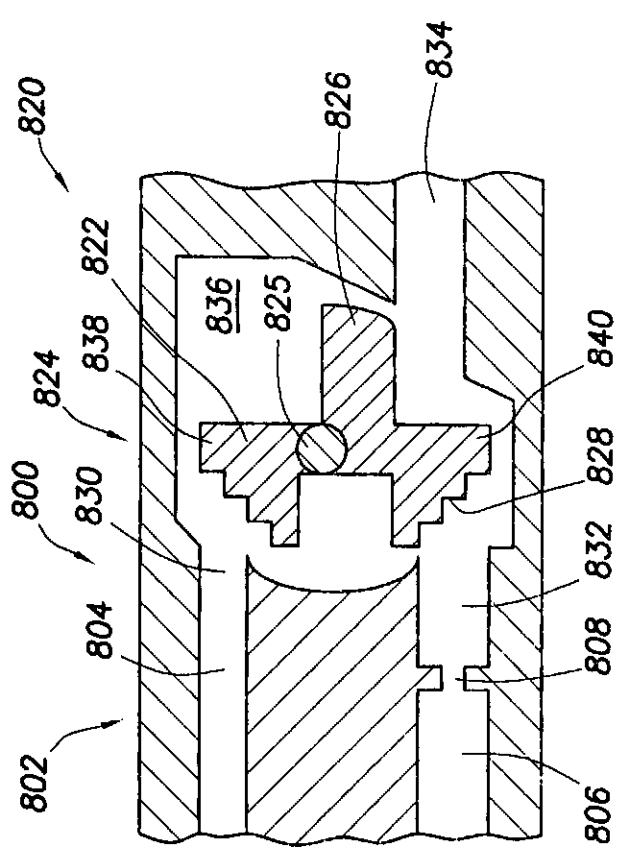


FIG. 26

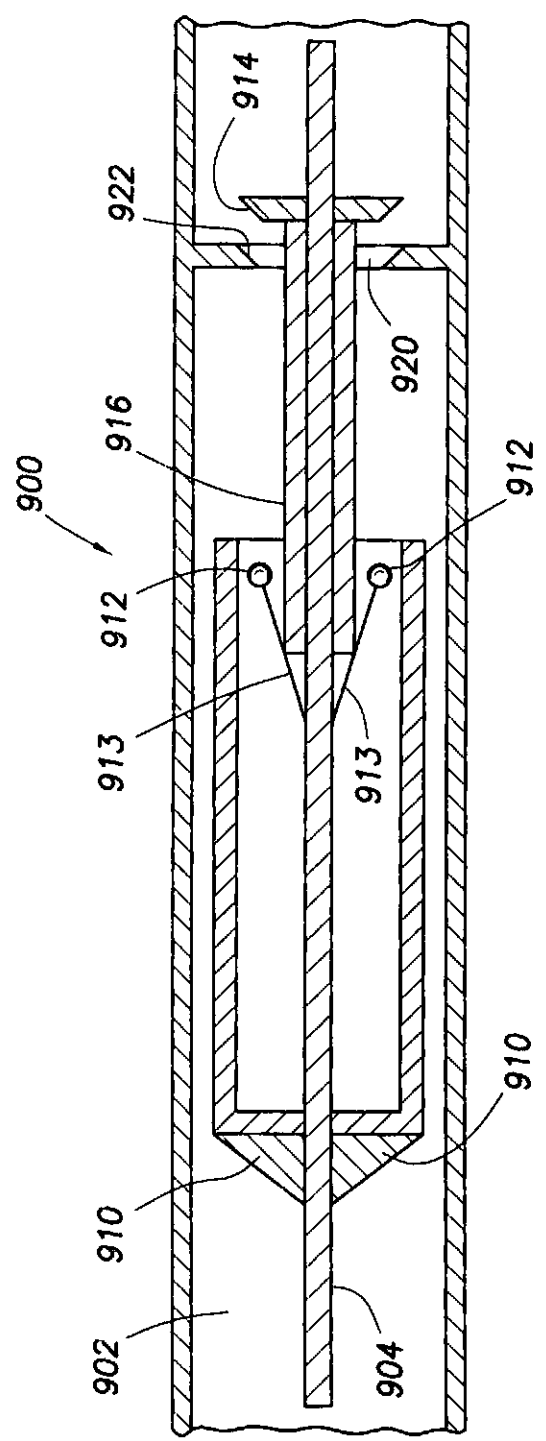


FIG. 27

+

+

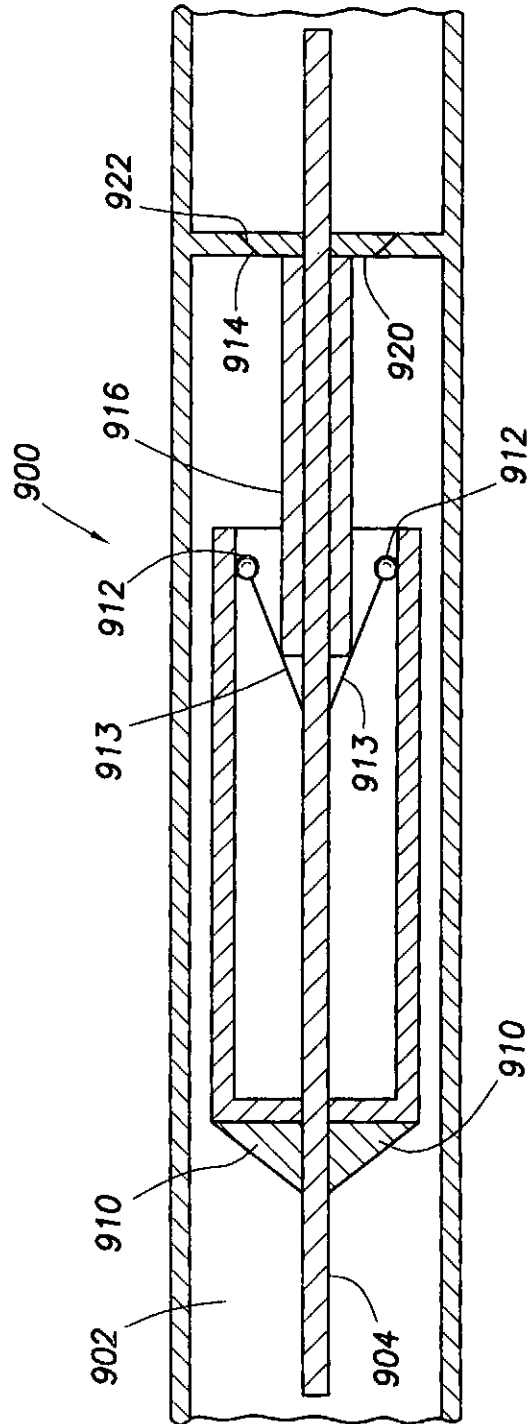
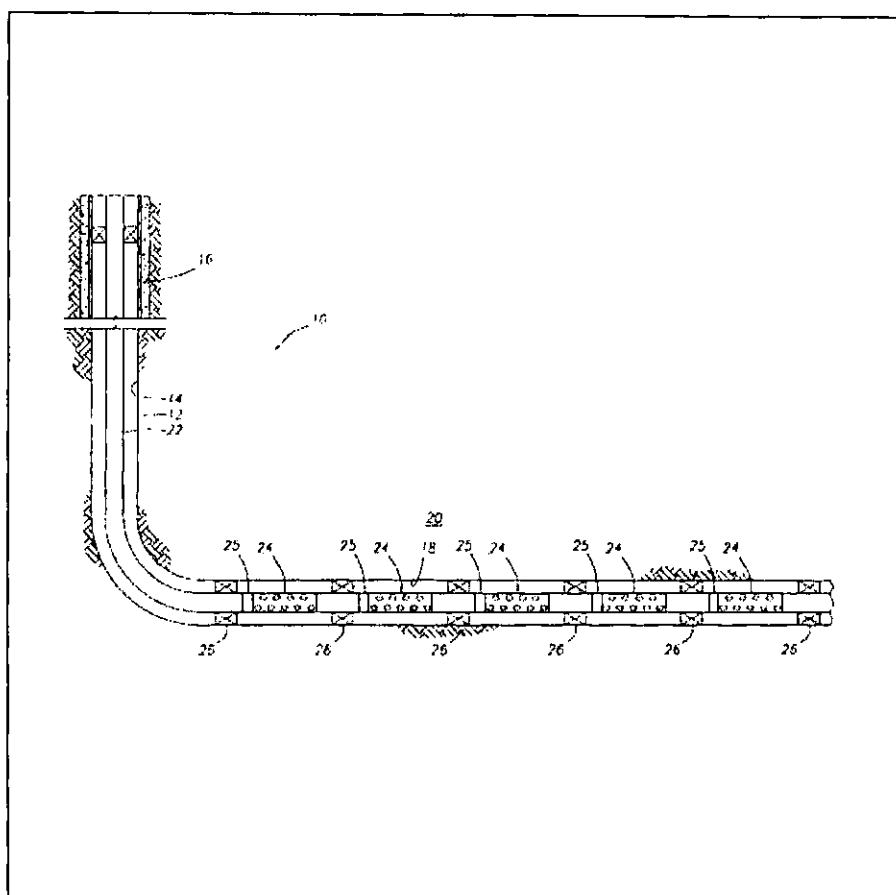
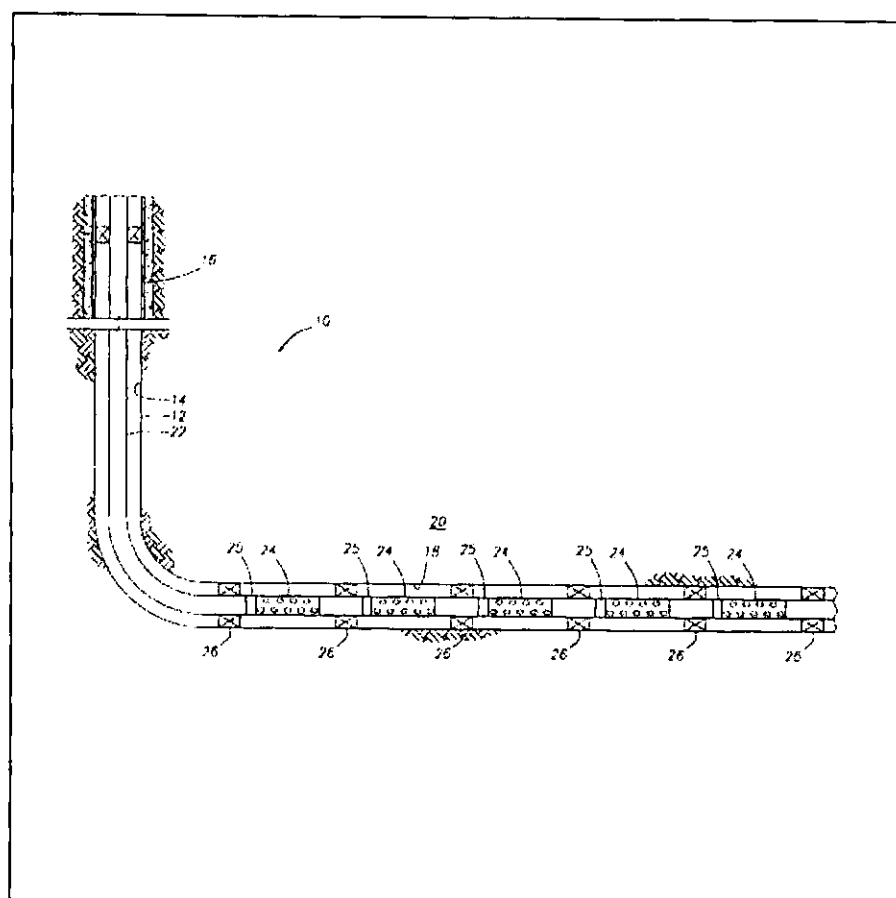
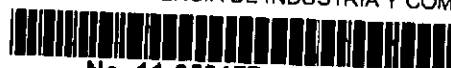


FIG.28

+





No. 11-052177- -00000-0000

Fecha: 2011-04-28 15:54:49 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 2 PATENTES Evs: 1 REGDEPOSITO
Act. 411 PRESENTACION Folios: 113

PATENTE DE INVENCION ☒

MODELO DE U

- ☒ Indicación que se solicita una patente.
 - ☒ Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
 - ☒ Descripción de la invención
 - ☒ Dibujos de ser estos pertinentes
 - ☒ Comprobante de pago de las tasas establecidas (De ser el caso formato de descuento)
- Completa ☒ Incompleta ☐

PATENTE DE INVENCION PCT ☐ MODELO DE UTILIDAD PCT ☐ Art.33 Decisión 486/00, Circular Única

- ☐ Indicación que se solicita una PCT
 - ☐ Copia de la solicitud en español, tal como fue presentada inicialmente (capítulo descriptivo, reivindicatorio, resumen)
 - ☐ Dibujos de ser estos pertinentes
 - ☐ Comprobante de pago de las tasas establecidas (de ser el caso formato de descuento)
- Completa ☐ Incompleta ☐

DISEÑO INDUSTRIAL ☐

(Art. 119 Decisión 486/00)

- ☐ Indicación que se solicita Diseño industrial
 - ☐ Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
 - ☐ Representación gráfica y fotográfica del Diseño industrial o muestra del material que incorpora el diseño
 - ☐ Comprobante de pago de las tasas establecidas
- Completa ☐ Incompleta ☐

ESQUEMA DE TRAZADO ☐

(Art. 92 Decisión 486/00)

- ☐ Indicación que se solicita un esquema de trazado
 - ☐ Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
 - ☐ Representación gráfica de un esquema de trazado
 - ☐ Comprobante de pago de las tasas establecidas
- Completa ☐ Incompleta ☐



Bogotá D.C.,
2020

Doctor(a)
CARDENAS NAVAS DARIO
Apoderado(a) y/o Representante de
HALLIBURTON ENERGY SERVICES, INC

REFERENCIA	Radicación No.	11 052177
	Trámite	2
	Evento	1
	Actuación	430
	Oficio No.	008839

Como resultado del examen de forma, realizado con fundamento en el artículo 38 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina, se le comunica que:

1. Debe allegar el poder otorgado al abogado que aparece en la solicitud como apoderado, con el lleno de los requisitos exigidos en el Código de Procedimiento Civil. Adicionalmente, deberá presentar el documento que acredita la existencia y representación legal de la sociedad solicitante.
2. Debe allegar copia del documento en que consta la cesión del derecho a la patente otorgado por el(los) inventor(s) al(los) solicitante(s) o a su(s) causante(s) (art. 26-k, Dec 486/2000).

En cumplimiento del artículo 39 de la Decisión 486, se le requiere para que dentro del término de dos (2) meses siguientes a la fecha de notificación del presente oficio, complete los requisitos anteriormente enunciados. En caso de no dar cumplimiento al presente requerimiento, la solicitud se considerará abandonada y perderá su prelación.

Notifíquese el presente oficio conforme a lo dispuesto en el numeral 5.2, literal e), del capítulo quinto del título primero de la Circular Unica No.10 de 2001.

JOSE LUIS SALAZAR LOPEZ
Director de Nuevas Creaciones (c)

02 JUN 2021

El anterior requerimiento fue notificado por fijación en lista de fecha _____
adpa11