



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0301573-4 B1

(22) Data do Depósito: 16/05/2003

(45) Data de Concessão: 08/03/2016
(RPI 2357)



(54) Título: SEÇÃO DE TUBO E DISPOSITIVO DE ACOPLAMENTO INDUTIVO PARA UMA SEÇÃO DE TUBO PROVIDA DE FIAÇÃO POSSUINDO UM ESPAÇO VAZADO INTERNO AXIAL

(51) Int.Cl.: E21B 47/12

(30) Prioridade Unionista: 31/05/2002 US 10/160.311

(73) Titular(es): SCHLUMBERGER SURENCO, S.A.

(72) Inventor(es): JACQUES JUNDT, BRUCE W. BOYLE, RAGHU MADHAVAN

SEÇÃO DE TUBO E DISPOSITIVO DE ACOPLAMENTO INDUTIVO PARA
UMA SEÇÃO DE TUBO PROVIDA DE FIAÇÃO POSSUINDO UM ESPAÇO
VAZADO INTERNO AXIAL

CAMPO TÉCNICO

- 5 A presente invenção refere-se a aparelhos e métodos utilizados em perfuração de poços de petróleo e operações em poços de petróleo para transmissão de dados de medições para uma estação na superfície a partir de localizações num furo de poço.

10 ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

- Os sistemas de Medição Durante a Perfuração (Measurement While Drilling - MWD) e Perfilagem Durante a Perfuração (Logging While Drilling - LWD) derivam uma grande parte do seu valor de sua capacidade de
- 15 proporcionarem informações em tempo real sobre condições na proximidade da broca de perfuração. As empresas de petróleo utilizam estas medições de interior de poço para tomada de decisões durante o processo de perfuração, e técnicas de perfuração sofisticadas, tal como o sistema GeoSteering
- 20 desenvolvido pela empresa Schlumberger Ltd. Essas técnicas dependem muito de um conhecimento instantâneo da formação que está sendo perfurada. A indústria continua a desenvolver novas medições para MWD/LWD, incluindo medições do tipo de formação de imagens com elevado teor de dados.

Estes novos sistemas de medição e controle requerem sistemas de telemetria com taxas de dados mais elevadas que aquelas atualmente disponíveis. Como resultado, num certo número de técnicas de telemetria para utilização com

5 sistemas de medição durante a perfuração foram testadas ou propostas.

O padrão na indústria é a telemetria de pulsos de lama que utiliza o tubo de perfuração para conduzir ondas acústicas no fluido de perfuração. Atualmente, mediante

10 utilização de telemetria de pulsos de lama, são enviados dados para a superfície em taxas de bits na faixa de 1-6 bits/segundo. Uma taxa tão lenta não tem capacidade para transmissão das grandes quantidades de dados que são tipicamente coletadas com uma coluna de LWD. Em alguns

15 casos (por exemplo, fluido de perfuração no qual ocorreu formação de espuma), a telemetria de pulsos de lama não funciona em absoluto. Normalmente, uma parte ou a totalidade dos dados são armazenados em memória no interior do poço e são descarregados no final da manobra da broca.

20 Este retardo reduz significativamente o valor dos dados para aplicações em tempo real. Além disso, existe um risco significativo de perda de dados, por exemplo, se a ferramenta for perdida no poço.

A telemetria eletromagnética por percurso terrestre

25 tem sido experimentada com um êxito limitado, mesmo em

taxas de dados muito baixas, esta técnica somente funcionou até uma profundidade limitada, dependendo da resistividade do solo.

A telemetria acústica através do tubo de perfuração propriamente dito tem sido amplamente estudada mas não foi utilizada comercialmente até o presente momento. Em teoria, seria possível obter taxas de dados na faixa de dezenas de bits/segundo utilizando ondas acústicas propagando-se através do aço.

A idéia de colocar um fio no tubo de perfuração tem sido proposta muitas vezes ao longo dos últimos 25 anos. Existem relatos de que tanto a empresa Shell quanto a empresa Exxon construíram uma coluna de perfuração experimental provida com fios no final da década de 70. A técnica anterior relativa a estes esforços encontra-se revelada na patente norte-americana nº 4.126.848 concedida a Denison, intitulada "Drill String Telemeter System" ("Sistema de Telemetria para Coluna de Perfuração"); na patente norte-americana nº 3.957.118 concedida a Barry e outros, intitulada "Cable System for use in a Pipe String and Method for Installing and Using the same" ("Sistema de Cabo para utilização numa Coluna de Tubulação e Método para Instalar e Utilizar o mesmo"); e na patente norte-americana nº 3.807.502 concedida a Heilhecker e outros, intitulada "Method for Installing and Electric Conductor in a Drill

String" ("Método para Instalação de um Condutor Elétrico numa Coluna de Perfuração"); e na publicação "Four Different Systems Used for MWD" ("Quatro Diferentes Sistemas Usados para MWD"), de W. J. McDonald, The Oil and Gas Journal, páginas 115-124, 3 de abril de 1978. Acredita-se que esses sistemas sofreram baixa confiabilidade e elevado custo devido ao grande número de conectores elétricos.

A empresa IFP desenvolveu um sistema conhecido como "Simphor" que utilizava cabos de perfuração e conectores úmidos robustos e de grandes dimensões. Este sistema jamais foi comercializado para aplicações de medição durante a perfuração. Acredita-se que este sistema sofreu problemas de interferência com o processo de perfuração.

A utilização de elementos de acoplamento de indução de acoplamento de corrente em tubos de perfuração é conhecido. A patente norte-americana nº 4.605.268 concedida a Meador, intitulada "Transformer cable connector" ("Conector de cabo de transformador") descreve a utilização e a operação básica de elementos de acoplamento de indução de corrente acoplada montados nas faces de vedação de tubos de perfuração. O pedido de patente publicado da Federação Russa nº 2140527 intitulado "A method for drilling oblique and horizontal boreholes" ("Método para perfuração de furos perfurados oblíquos e horizontais"), depositado em 18 de

dezembro de 1997, e um pedido de patente publicado anteriormente da Federação Russa, nº 2040691, intitulado "A system for transmitting electrical energy and data within a column of adjoining tubes" ("Sistema para transmissão de energia elétrica e dados no interior de uma coluna de tubos acoplados"), depositado em 14 de fevereiro de 1992, descrevem um sistema de telemetria em tubo de perfuração que utiliza elementos de acoplamento indutivo de corrente acoplada montados na proximidade das faces de vedação de tubos de perfuração. A Publicação WO 90/14497A2, da empresa Eastman Christensen GMBH, intitulada "Process and device for transmitting data signals and/or control signals in a pipe train" ("Processo e dispositivo para transmissão de sinais de dados e/ou sinais de controle numa sequência de tubos") descreve um dispositivo de acoplamento por indução montado no diâmetro interno da junta de tubo de perfuração para transferência de dados.

Outras patentes norte-americanas são as seguintes: patente norte-americana nº 5.052.941 concedida a Hernandez-Marti e outros, intitulada "Inductive coupling connector for a well head equipment" ("Conector de acoplamento indutivo para um equipamento de cabeça de poço"); patente norte-americana nº 4.806.928 concedida a Veneruso, intitulada "Apparatus for electro-magnetically coupling power and data signals between well bore apparatus and the

suface" ("Aparelho para acoplamento eletromagnetico de energia e sinais de dados entre um aparelho de furo de poço e a superfície"); patente norte-americana nº 4.901.069 concedida a Veneruso, intitulada "Apparatus for electro-

5 magnetically coupling power and data signals between a first unit and a second unit and in particular between well bore apparatus and the surface" ("Aparelho para acoplamento eletromagnético de energia e sinais de dados entre uma primeira unidade e uma segunda unidade e em particular

10 entre um aparelho de furo de poço e a superfície"); patente norte-americana nº 5.531.592 concedida a Veneruso, intitulada "Method and apparatus for transmitting information relating to the operation of a downhole electrical device" ("Método e aparelho para transmissão de

15 informações referentes à operação de um dispositivo elétrico de interior de poço"); patente norte-americana nº 5.278.550 concedida a Rhein-Knudsen e outros, intitulada "Apparatus and method for retrieving and/or communicating with downhole equipment" ("Aparelho e método para

20 recuperação e/ou comunicação com equipamentos de interior de poço"); e patente norte-americana nº 5.971.072 concedida a Huber e outros, intitulada "Inductive coupler activated completion system" ("Sistema de completação ativado por dispositivo de acoplamento indutivo").

25 Nenhuma destas referências proporcionou um sistema

de telemetria capaz de transmitir de forma confiável dados de medições em taxas de dados elevadas desde localizações próximas da broca de perfuração até uma estação na superfície. Existe portanto uma necessidade de um sistema

5 de telemetria capaz de transmitir de forma confiável dados de medições em taxas de dados elevadas para uma estação na superfície a partir de localizações num furo perfurado.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

A presente invenção proporciona uma seção de tubo

10 provida com fiação, robusta e de baixa perda, para serviço como componente de uma coluna de tubos provida de fiação para transmissão de dados de medições para uma estação localizada na superfície a partir de localizações num furo perfurado em perfurações de poços de petróleo e operações

15 em poços de petróleo. Camadas condutoras reduzem perdas de energia de sinais ao longo da extensão da coluna de perfuração ao reduzirem as perdas de resistência e perdas de fluxo em cada dispositivo de acoplamento indutivo. A seção de tubo provida de fiação é robusta no fato de

20 permanecer operacional na presença de intervalos na camada condutora.

Uma seção de tubo provida de fiação de acordo com a presente invenção inclui uma haste tubular alongada possuindo um furo vazado axial, uma extremidade de rosca de

25 conexão tipo caixa, e uma extremidade de rosca de conexão

tipo pino. Uma primeira bobina anular, montada de forma fixa na extremidade de conexão tipo caixa é parcialmente envolvida por uma primeira camada de alta condutividade e baixa permeabilidade, e uma segunda bobina anular montada de forma fixa na extremidade de conexão tipo conexão tipo pino é parcialmente envolvida por uma segunda camada de alta condutividade e baixa permeabilidade, de tal forma que quando a extremidade de conexão tipo caixa de uma primeira seção de tubo provida de fiação é acoplada para operação com a extremidade de conexão tipo pino de uma segunda seção de tubo provida de fiação, as primeira e segunda camadas de alta condutividade e baixa permeabilidade formam pelo menos uma parte de um percurso toroidal que envolve a primeira bobina anular da primeira seção de tubo provida de fiação, a segunda bobina anular da segunda seção de tubo provida de fiação. Os enrolamentos de bobina das primeira e segunda bobinas da seção de tubo provida de fiação são eletricamente acoplados.

Um dispositivo de acoplamento indutivo de acordo com a presente invenção inclui uma extremidade de rosca de conexão tipo caixa com uma primeira bobina anular montada de forma fixa na mesma e uma primeira camada de alta condutividade e baixa permeabilidade envolvendo parcialmente a primeira bobina anular. O elemento inclui adicionalmente uma extremidade de rosca de conexão tipo

pino com uma segunda bobina anular montada de forma fixa na mesma e uma segunda camada de alta condutividade e baixa permeabilidade envolvendo parcialmente a segunda bobina anular. Um primeiro terminal elétrico é acoplado a um

5 primeiro enrolamento de bobina da primeira bobina anular, e um segundo terminal elétrico é acoplado a um segundo enrolamento de bobina da segunda bobina anular. A extremidade de rosca de conexão tipo caixa, a extremidade de rosca de conexão tipo pino, e as duas camadas são

10 estruturadas de tal forma que quando a extremidade de rosca de conexão tipo caixa é acoplada para operação com a extremidade de rosca de conexão tipo pino, as primeira e segunda camadas formam pelo menos uma parte de um percurso toroidal envolvendo as primeira e segunda bobinas anulares.

15 Na FIG. 1 encontra-se ilustrada uma primeira configuração preferencial. A FIG. 1 ilustra uma seção de tubo provida de fiação incluindo uma haste tubular alongada possuindo um furo vazado axial, um primeiro elemento de acoplamento indutivo numa extremidade de conexão tipo

20 caixa, e um segundo elemento de acoplamento indutivo numa extremidade de conexão tipo pino. Um dispositivo de acoplamento indutivo é ilustrado constituído por um primeiro elemento de acoplamento indutivo e um segundo elemento de acoplamento indutivo da extremidade de conexão

25 tipo pino de uma coluna de tubos adjacente provida de

fiação. A extremidade de conexão tipo caixa define uma rosca interna e um ressalto anular interno com uma primeira fenda. A primeira fenda define uma primeira superfície anular côncava com partes concêntricas de face umas para as outras. A primeira superfície anular côncava possui sobre a mesma uma primeira camada anular côncava de alta condutividade e baixa permeabilidade. A extremidade de conexão tipo caixa inclui uma primeira bobina localizada entre partes concêntricas de face umas para as outras da primeira camada de alta condutividade e baixa permeabilidade. A extremidade de conexão tipo pino define uma rosca externa e uma extremidade anular interna de contato de tubo com uma segunda fenda. A segunda fenda define uma segunda superfície anular côncava com partes concêntricas de face umas para as outras. A segunda superfície anular côncava possui sobre a mesma uma segunda camada anular côncava de alta condutividade e baixa permeabilidade. A extremidade de conexão tipo pino inclui uma segunda bobina localizada entre partes concêntricas de face umas para as outras da segunda camada de alta condutividade e baixa permeabilidade.

A primeira camada de alta condutividade e baixa permeabilidade constitui uma primeira cinta conformada de alta condutividade e baixa permeabilidade que envolve parcialmente a primeira bobina. A camada é conformada para

- cooperar com a segunda cinta conformada de alta condutividade e baixa permeabilidade de uma segunda seção de tubo adjacente possuindo uma segunda bobina e uma segunda cinta conformada de alta condutividade e baixa
- 5 permeabilidade para criação de um percurso fechado toroidal de alta condutividade e baixa permeabilidade. Este percurso fechado envolve a primeira bobina e a segunda bobina quando as primeira e segunda seções de tubo são interligadas como parte de uma coluna de tubulação operacional.
- 10 A primeira configuração preferencial inclui uma seção de tubulação de contato dual com primeiro e segundo elementos de acoplamento indutivo localizados num ressalto interno e numa extremidade interna de tubo, respectivamente. As dimensões da seção de tubo são tais que
- 15 a distância entre a extremidade de tubo externa e o ressalto interno é maior que a distância entre o ressalto externo e a extremidade de tubo interno, numa pequena diferença. Quando duas seções de tubo são devidamente apertadas (isto é, forçadas a unirem-se com o torque
- 20 necessário para obtenção de vedação de tubo adequada de uma extremidade externa contra um ressalto externo de um tubo adjacente provido de fiação), esta pequena diferença permite que esse mesmo torque automaticamente aperte o
- ressalto interno contra a extremidade de tubo interna de
- 25 uma seção de tubo adjacente provida de fiação para formar

de maneira confiável um percurso fechado toroidal de alta condutividade e baixa permeabilidade.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A FIG. 1 é uma vista de corte transversal de uma primeira configuração preferencial de uma seção de tubo provida de fiação de acordo com a presente invenção possuindo dois elementos de acoplamento indutivo do tipo de anel de corrente. São mostradas uma seção de tubo provida de fiação e partes de duas seções de tubo adjacentes providas de fiação para ilustração de um dispositivo de acoplamento por indução de acordo com a configuração preferencial.

A FIG. 2 é uma vista em perspectiva parcialmente recortada de um par de elementos de acoplamento indutivo do tipo de anel de corrente, de face um para o outro, da FIG. 1.

A FIG. 3 é uma vista de corte transversal do par de elementos de acoplamento indutivo do tipo de anel de corrente voltados um para o outro da FIG. 2, acoplados entre si como parte de uma coluna de tubulação operacional, incluindo uma vista de corte transversal do percurso toroidal fechado de alta condutividade e baixa permeabilidade envolvendo ambos os núcleos.

A FIG. 4 é uma vista de corte transversal ampliada ilustrando mais detalhes da montagem dos componentes

eletromagnéticos dos elementos de acoplamento indutivo do tipo de anel de corrente da FIG. 3.

A FIG. 5 é uma vista em perspectiva ampliada parcialmente recortada do elemento de acoplamento indutivo do tipo de anel de corrente de extremidade de conexão tipo caixa da FIG. 4, ilustrando detalhes da bobina e do cabo elétrico interno.

A FIG. 6A é um modelo eletromagnético das seções de tubo providas de fiação ilustradas na FIG. 1.

10 A FIG. 6B é uma vista de corte transversal do percurso toroidal da primeira configuração preferencial.

A FIG. 6C é uma vista em perspectiva do percurso toroidal da primeira configuração preferencial.

A FIG. 6D ilustra um segmento de percurso fechado
15 de alta condutividade e baixa permeabilidade.

A FIG. 7 é uma vista em perspectiva ampliada parcialmente recortada ilustrando uma primeira variante da primeira configuração com uma localização alternativa da conexão de cabo.

20 A FIG. 8 é uma vista de corte transversal ampliada ilustrando uma segunda variante da primeira configuração com uma primeira localização alternativa dos componentes eletromagnéticos.

A FIG. 9 é uma vista de corte transversal do
25 dispositivo de acoplamento indutivo de uma segunda

configuração de uma seção de tubo provida de fiação de acordo com a presente invenção, em que cada elemento de acoplamento indutivo possui um invólucro condutivo anular provido de roscas e um espaçador de isolamento elétrico

5 anular de alta resistência.

A FIG. 10 é uma vista de corte transversal do dispositivo de acoplamento indutivo de uma terceira configuração de uma seção de tubo provida de fiação de acordo com a presente invenção, em que um elemento de

10 acoplamento indutivo possui um invólucro condutivo anular provido de roscas e o outro elemento de acoplamento indutivo possui uma camada de alta condutividade e baixa permeabilidade.

A FIG. 11 é uma vista de corte transversal do

15 dispositivo de acoplamento indutivo de uma quarta configuração de uma seção de tubo provida de fiação de acordo com a presente invenção, em que cada elemento de acoplamento indutivo é montado no interior de um elemento de suporte tubular acoplado à superfície cilíndrica interna

20 do furo vazado do tubo de perfuração.

A FIG. 12 é uma vista em perspectiva de uma extremidade de conexão tipo pino de uma seção de tubo provida de fiação contendo um primeiro elemento de acoplamento indutivo do tipo de anel de corrente da quarta

25 configuração ilustrada na FIG. 11.

A FIG. 13 é uma vista em perspectiva de uma extremidade de conexão tipo caixa de uma seção de tubo provida de fiação contendo um segundo elemento de acoplamento indutivo do tipo de anel de corrente da quarta
5 configuração ilustrada na FIG. 11.

A FIG. 14 é uma vista de corte transversal de uma quinta configuração de uma seção de tubo provida de fiação de acordo com a presente invenção possuindo dois elementos de acoplamento indutivo do tipo de anel de corrente. A FIG.
10 14 ilustra a seção 510 de tubo provida de fiação e partes de duas seções adjacentes de tubo providas de fiação para ilustrar um dispositivo de acoplamento indutivo de acordo com a quinta configuração.

A FIG. 15 é uma vista em perspectiva parcialmente recortada de um par de elementos de acoplamento indutivo do
15 tipo de anel de corrente de face um para o outro da quinta configuração ilustrada na FIG. 14.

A FIG. 16 é uma vista de corte transversal dos elementos de acoplamento indutivo do tipo de anel de
20 corrente da quinta configuração ilustrada na FIG. 14 acoplados entre si como parte de uma coluna de tubulação operacional, incluindo uma vista de corte transversal do percurso de alta condutividade e baixa permeabilidade envolvendo ambos os núcleos.

25 A FIG. 17 é uma vista de corte transversal ampliada

ilustrando uma primeira variante da quinta configuração com uma primeira localização alternativa dos componentes eletromagnéticos.

5 A FIG. 18 é uma vista de corte transversal ampliada ilustrando uma segunda variante da quinta configuração com uma segunda localização alternativa dos componentes eletromagnéticos.

DESCRIÇÃO DETALHADA

Geral

10 A invenção proporciona uma seção de tubo provida de fiação robusta e de baixa perda para serviço como componente de uma coluna de tubulação provida de fiação do tipo utilizado em perfuração de poços de petróleo e operações em poços de petróleo. Essas colunas de tubulação
15 providas de fiação são utilizadas para transmissão de dados de medições para uma estação localizada na superfície a partir de localizações num furo perfurado. A seção de tubo provida de fiação da configuração preferencial inclui dois elementos de acoplamento indutivo do tipo de anel de
20 corrente, um em cada extremidade da seção de tubo provida de fiação, cada elemento incluindo uma bobina eletromagnética parcialmente envolvida por uma camada condutiva anular côncava de alta condutividade e baixa permeabilidade. Quando duas seções de tubo providas de
25 fiação são acopladas uma à outra como parte de um

dispositivo de acoplamento indutivo de uma coluna de tubulação operacional, as duas camadas condutivas de face uma para a outra cooperam formando uma parte de alta condutividade e baixa permeabilidade de um percurso fechado toroidal envolvendo as duas bobinas nas extremidades de face uma para a outra das duas seções de tubo providas de fiação. As camadas condutivas reduzem as perdas de energia de sinais ao longo da extensão da coluna de perfuração mediante redução de perdas de resistência e perdas de fluxo em cada dispositivo de acoplamento indutivo. A seção de tubo provida de fiação é robusta pelo fato de permanecer operacional na presença de falhas de interrupção na camada condutiva.

Na primeira configuração preferencial da FIG. 1, dois elementos de acoplamento indutivo do tipo de anel de corrente são montados, um em cada extremidade do tubo num ressalto interno. Na segunda configuração ilustrada na FIG. 9, cada elemento de acoplamento indutivo inclui um contato de liga de cobre com berílio e um espaçador eletricamente isolante. Na terceira configuração ilustrada na FIG. 10, um elemento de acoplamento indutivo inclui um invólucro condutivo anular provido de roscas. Na quarta configuração ilustrada na FIG. 11, uma parte de cada elemento de acoplamento indutivo fica localizado no interior do furo vazado axial. Na quinta configuração ilustrada na FIG. 14,

um primeiro elemento de acoplamento indutivo do tipo de
anel de corrente é montado numa extremidade de conexão tipo
caixa do tubo de perfuração numa parte afilada próxima de
uma extremidade de vedação externa do tubo, e um segundo
5 elemento de acoplamento indutivo do tipo de anel de
corrente é montado numa extremidade de conexão tipo pino do
tubo de perfuração numa parte afilada próxima de um
ressalto de vedação externo.

Primeira Configuração Preferencial

10 A primeira configuração preferencial encontra-se
fisicamente ilustrada nas FIGS. 1 - 5, e encontra-se
ilustrada esquematicamente na FIG. 6A.

A FIG. 1 mostra a seção 10 de tubo provida de
fiação possuindo um primeiro elemento 21 de acoplamento
15 indutivo do tipo de anel de corrente, e um segundo elemento
31 de acoplamento indutivo do tipo de anel de corrente, um
em cada extremidade do tubo. A FIG. 1 ilustra também a
seção 10 de tubo provida de fiação incluindo uma haste 11
tubular alongada com um furo vazado 12 axial, um primeiro
20 elemento 21 de acoplamento indutivo na extremidade 22 de
conexão tipo caixa, e um segundo elemento 31 de acoplamento
indutivo na extremidade 32 de conexão tipo pino. O
dispositivo 20 de acoplamento indutivo é ilustrado
constituído pelo primeiro elemento 21 de acoplamento
25 indutivo e pelo segundo elemento 31' de acoplamento

indutivo da extremidade 32' de conexão tipo pino num tubo de perfuração adjacente provido de fiação.

As FIGS. 1 e 2 ilustram a extremidade 22 de conexão tipo caixa definindo uma rosca 23 interna, e um ressalto 24 anular de contato interno com uma primeira fenda 25. As FIGS. 1 e 2 ilustram igualmente a extremidade 32' de conexão tipo pino de uma seção de tubo adjacente provida de fiação definindo uma rosca 33' externa, e uma extremidade 34' de tubo de contato interno anular com uma segunda fenda 35'. (Abaixo neste texto, e nos desenhos, um número de item seguido por um apóstrofo indica um item pertencente a uma seção de tubo adjacente provida de fiação).

A FIG. 3 é uma vista de corte transversal do par de elementos de acoplamento indutivo do tipo de anel de corrente voltados de face um para o outro da FIG. 2 acoplados entre si como parte de uma coluna de tubulação operacional. A figura proporciona uma vista de corte transversal do percurso 40 fechado toroidal de alta condutividade e baixa permeabilidade envolvendo ambos os núcleos, e uma vista de corte transversal do conduto 13. O conduto 13 forma uma passagem para o cabo 14 elétrico interno que liga eletricamente os dois elementos de acoplamento indutivo da seção 10 de tubo provida de fiação.

A FIG. 4 é uma vista de corte transversal ampliada ilustrando a montagem da primeira bobina 28, do primeiro

núcleo 47 de alta permeabilidade e do primeiro enrolamento 48 de bobina. A FIG. 4 ilustra também o conduto 13 envolvendo o cabo 14 elétrico interno. Para maior clareza de ilustração nas FIGS. 4 e 5, a primeira bobina 28 é representada com um tamanho maior em comparação com as dimensões da conexão tipo pino do que seriam numa configuração preferencial, em que a resistência do tubo de perfuração não seja comprometida).

A FIG. 4 ilustra adicionalmente a primeira fenda 25 definindo uma primeira superfície 26 anular côncava com partes 26a e 26b concêntricas de face uma para a outra. A primeira superfície 26 anular côncava possui sobre a mesma uma primeira camada 27 anular côncava de alta condutividade e baixa permeabilidade. A camada 27 define uma primeira cavidade anular. A extremidade 22 de conexão tipo caixa inclui uma primeira bobina 28 montada de forma fixa na primeira cavidade anular entre as partes 27a e 27b concêntricas de face uma para a outra da primeira camada 27.

A FIG. 4 ilustra adicionalmente a segunda fenda 35' definindo uma segunda superfície 36' anular côncava com partes 36a' e 36b' concêntricas de face uma para a outra. A segunda superfície 36' anular côncava possui sobre a mesma uma segunda camada 37' anular côncava de alta condutividade e baixa permeabilidade. A camada 37' define uma segunda

cavidade anular. A extremidade 32' de conexão tipo pino inclui uma segunda bobina 38' montada de forma fixa na segunda cavidade anular entre as partes 37a' e 37b' concêntricas de face uma para a outra da segunda camada

5 37'.

A FIG. 4 ilustra igualmente o primeiro elemento 21 de acoplamento indutivo do tipo de anel de corrente incluindo a primeira camada 27 de alta condutividade e baixa permeabilidade, e o segundo elemento 31' de

10 acoplamento indutivo do tipo de anel de corrente incluindo a segunda camada 37' de alta condutividade e baixa permeabilidade. Cada camada é revestida sobre ou acoplada à superfície interna de sua fenda. A primeira bobina 28 fica localizada entre as partes 27a e 27b concêntricas de face

15 uma para a outra da primeira camada 27. Assim, a primeira camada (ou cinta) 27 conformada de alta condutividade e baixa permeabilidade envolve parcialmente a primeira bobina 28. Similarmente, a segunda camada (ou cinta) 37' de alta condutividade e baixa permeabilidade envolve parcialmente a

20 segunda bobina 38'.

A primeira bobina 28 é fixada no interior da sua fenda com um material 42 de enchimento ("potting material"). A primeira bobina 28 é adicionalmente protegida por um material 43 de enchimento protetor ("filler

25 material"), preferencialmente RTV. Similarmente, a segunda

bobina 38' é fixada no interior de sua fenda por um material 52' de enchimento ("potting material"), sendo adicionalmente protegida por um material 53 de enchimento protetor ("filler material").

5 A FIG. 5 é uma vista de corte transversal ampliada do elemento de acoplamento indutivo do tipo de anel de corrente da extremidade de conexão tipo caixa da FIG. 4 ilustrando em detalhe a primeira bobina 28, incluindo o primeiro núcleo 47 de alta permeabilidade, e o primeiro
10 enrolamento 48 de bobina. O núcleo 47 possui uma seção transversal axialmente alongada. A segunda bobina 38', o segundo núcleo 57' e o segundo enrolamento 58' de bobina da FIG. 4 são estruturados de forma similar.

 O enrolamento 48 de bobina possui preferencialmente
15 um grande número de voltas. Na primeira configuração preferencial, o número de voltas é aproximadamente 200. A cinta de extremidade de conexão tipo caixa da FIG. 5 é posicionada para cooperar com a segunda cinta de extremidade de conexão tipo pino de baixa permeabilidade de
20 uma segunda seção de tubo adjacente para criar um percurso 40 fechado toroidal de alta condutividade e baixa permeabilidade conforme se encontra ilustrado na FIG. 3. Quando as primeira e segunda seções de tubo são acopladas entre si como parte de uma coluna de tubulação operacional,
25 as camadas 27 e 37' formam o percurso 40. Este percurso

fechado envolve a primeira bobina e a segunda bobina conforme se encontra ilustrado no desenho esquemático da FIG. 6A. Pode ser observado na FIG. 6A que num dispositivo de acoplamento indutivo do tipo de anel de corrente de
5 baixa perda de acordo com a presente invenção pode ser visto como um par de transformadores ligados de costas-
contra-costas através do percurso 40.

Cada uma das bobinas induz uma corrente elétrica na seção de tubo, principalmente ao longo da camada de alta
10 condutividade e baixa permeabilidade da seção de tubo que fica sobreposta com a superfície interna da fenda. Cada camada de material condutivo é acoplada à, ou revestida sobre, a superfície interna da fenda em torno do núcleo.

A camada de alta condutividade e baixa
15 permeabilidade pode ser feita de qualquer material de alta condutividade e baixa permeabilidade que tenha uma condutividade substancialmente maior que a condutividade do aço. Os materiais adequados de alta condutividade e baixa permeabilidade incluem cobre, ligas de cobre (tais como
20 latão, bronze ou cobre com berílio), prata, alumínio, ouro, tungstênio e zinco (e ligas destes materiais).

A camada de alta condutividade e baixa permeabilidade reduz as perdas resistivas através da extensão da coluna de tubulação mediante redução da
25 resistência do percurso toroidal 40 do valor que a mesma

teria se o percurso 40 passasse somente através do aço da
seção de tubo. A camada de alta condutividade e baixa
permeabilidade também reduz perdas de fluxo ao longo da
extensão da coluna de tubulação mediante redução da
5 penetração de fluxo magnético no aço de cada seção de tubo
provida de fiação. Muito embora o percurso toroidal 40 seja
idealmente um percurso fechado, não é essencial que o
percurso 40 consista inteiramente na camada condutiva já
que qualquer falha de interrupção na camada condutiva de um
10 percurso 40 seria conectada em ponte pelo aço da
extremidade de tubo local. Uma falha de interrupção na
camada condutiva de um percurso toroidal poderia ser
produzida por desgaste sobre uma camada condutiva
relativamente macia na proximidade do ponto de contato do
15 aço duro de extremidades de tubo em contato. Um reduzido
número dessas falhas de interrupção na camada condutiva de
um percurso toroidal ao longo da extensão da coluna de
tubulação não introduzirá suficientes perdas de energia
para ter um efeito significativo.

20 O percurso toroidal 40 encontra-se ilustrado numa
vista de corte transversal na FIG. 6B. A corrente flui em
torno do percurso 40 no plano da seção transversal, ou
seja, num plano alinhado com o eixo geométrico do furo
vazado do tubo. O fluxo de corrente é ilustrado pelas setas
25 das FIGS. 6B e 6C. Idealmente, não existe nenhuma falha de

intervalo entre as camadas condutivas 27 e 37' onde o ressalto 24 de contato interno anular fica disposto em topejamento contra a extremidade 34' de tubo de contato interno anular. Devido ao fato de a corrente fluir num anel

5 fechado orientado num plano alinhado com o furo vazado axial, a camada de material de alta condutividade e baixa permeabilidade que constitui o percurso 40 pode ser formada em um ou mais segmentos de camada tipo "fatia de torta", conforme se encontra ilustrado na FIG. 6D. A FIG. 6D

10 ilustra o segmento 70 de percurso fechado de alta condutividade e baixa permeabilidade compreendendo respectivamente os primeiro e segundo segmentos 77 e 87' de camada. Muito embora na sua forma mais simples um "percurso toroidal" sugira uma superfície contínua sem interrupções,

15 a camada de alta condutividade e baixa permeabilidade pode ser feita de um ou mais segmentos conformados visto que a corrente não precisa fluir em torno da maioria da circunferência do percurso toroidal.

Cada dispositivo de acoplamento indutivo do tipo de

20 anel de corrente inclui um enrolamento de bobina, preferencialmente tendo aproximadamente duzentas voltas de fio. Na configuração preferencial, os enrolamentos são imersos em um material protetor para ajudar a protegê-los do ambiente.

25 Cada bobina é operada dentro de uma faixa de

frequência preferencial de 10 kHz até 2 MHz, e preferencialmente numa frequência de 300 kHz. Podem ser utilizadas frequências fora desta faixa até os limites impostos na banda de passagem pelo sistema específico.

- 5 A camada de material de alta condutividade e baixa permeabilidade é acoplada ou revestida sobre a superfície das ranhuras que envolvem as duas bobinas. Isto reduz a resistência à corrente elétrica que interliga os dois núcleos. Além disso, também impede que o campo magnético
- 10 penetre no material do tubo, dessa forma aumentando a eficiência do dispositivo de acoplamento. Em algumas configurações testadas pelos inventores, a atenuação foi reduzida para um valor inferior a 0,2 dB por dispositivo de acoplamento. A camada de alta condutividade e baixa
- 15 permeabilidade precisa ter somente uma espessura de pequena profundidade superficial na frequência mais baixa de operação (cerca de 1 mm para uma configuração). A camada de alta condutividade e baixa permeabilidade é preferencialmente formada por eletrodeposição.
- 20 Alternativamente, pode ser formada por eletro-formação, formação explosiva, ou outro método conhecido na técnica. Preferencialmente, a cavidade na qual a bobina é disposta é projetada para minimizar a extensão do percurso ao longo das superfícies num plano que passa através do eixo
- 25 geométrico do núcleo.

O material do núcleo magnético é selecionado para minimização de histerese e perdas de correntes parasitas e para suportar o ambiente de interior de poço. Materiais de fita magnética disponíveis com as designações Supermalloy e 5 Metglas® foram achados adequados, muito embora outros materiais possam ser utilizados. O material Supermalloy é disponibilizado pela empresa Magnetics®, uma Divisão de Spang and Company, East Butler, Pennsylvania, Estados Unidos da América. O material Metglas® é disponibilizado 10 pela empresa Honeywell Amorphous Metals, Morristown, New Jersey, Estados Unidos da América.

Os núcleos são preferencialmente formados por enrolamento do material de fita magnética sobre um mandril, recozimento e impregnação com epóxi. O mandril é então 15 removido para maximização da seção transversal do núcleo. Para minimizar o vazamento de fluxo, os enrolamentos da bobina são preferencialmente enrolados densamente em torno do núcleo, com uma separação mínima entre as voltas. Isto é obtido mediante a utilização de fio redondo ou fio chato 20 apertadamente enrolado. Entretanto, outras técnicas podem ser utilizadas, incluindo a deposição do enrolamento por galvanoplastia ou crepitação, a espiral isolante sendo obtida por cobrimento ou gravura), ou por uma construção de placa de circuitos impressos flexível. Capacitores 25 adicionais podem ser instalados ligados em paralelo com os

enrolamentos primários para redução da frequência de ressonância.

O cabo 14 elétrico interno em cada uma das FIGS. 1 - 4 estende-se axialmente dentro de pelo menos uma parte do furo vazado. O cabo 14 encontra-se ilustrado na FIG. 1 contido no interior do conduto 13 na região do primeiro elemento 21 de acoplamento indutivo, mas passa em seguida através do furo vazado do tubo a caminho, preso à parede interna do tubo, do segundo elemento 31 de acoplamento indutivo. Alternativamente, o cabo 14 pode ser localizado numa ranhura recortada na superfície externa da seção de tubo. Alternativamente, o cabo 14 pode ser localizado num furo de broca dentro da extensão da parede da seção de tubo. Alternativamente, pode ser disposto dentro do furo vazado do tubo da seção de tubo na forma de um cabo preso, um cabo blindado ou (sendo menos desejável), na forma de fios soltos.

A confiabilidade do sistema de acoplamento indutivo do tipo de anel de corrente pode ser aumentada com introdução de cabos redundantes. Dois pares (ou mais) de fios podem ser instalados de ponta a ponta em cada seção e dois enrolamentos de bobina independentes podem ser enrolados em cada dispositivo de acoplamento, de tal forma que um único fio quebrado não venha a causar uma avaria no sistema. Se os fios forem isolados independentemente, um

curto para terra num dos mesmos não tornará o sistema inoperante.

A primeira configuração preferencial inclui uma seção de tubo de contato dual com um primeiro e um segundo
5 elementos de acoplamento indutivo localizados num ressalto interno e numa extremidade de tubo interna, respectivamente. As dimensões da seção de tubo são tais que a distância entre a extremidade de tubo externo e o ressalto interno é maior que a distância entre o ressalto
10 externo e a extremidade de tubo interna, por uma pequena diferença. A FIG. 3 ilustra uma distância D_1 entre a extremidade de tubo externa 41 e o ressalto de contato interno anular 24, e uma distância D_2 entre o ressalto externo 51' e a extremidade de tubo de contato interno
15 anular 34'. A distância D_1 é maior que a distância D_2 por uma diferença reduzida. Quando duas seções de tubo são apropriadamente apertadas (isto é, são forçadas em acoplamento com o torque necessário para obtenção de vedação de tubo adequada da extremidade 41 contra o
20 ressalto 51' de um tubo adjacente provido de fiação), esta pequena diferença permite que o mesmo torque aperte automaticamente o ressalto interno 24 contra a extremidade de tubo interna 34' e uma seção de tubo adjacente provida de fiação de forma a formar confiavelmente um percurso
25 fechado toroidal 40 de alta condutividade e baixa

permeabilidade.

Primeira Variante da Primeira Configuração

A FIG. 7 ilustra uma primeira variante da primeira configuração na qual os cabos internos 44 e 54' saem da
5 área das bobinas 28 e 38' através de entalhes anulares 46 e 56', respectivamente. Deverá ser observado que a localização e estrutura do material de enchimento 42 e do material de preenchimento protetor 43 e 45 na extremidade de conexão tipo caixa, e do material de enchimento 52' e do
10 material de preenchimento protetor 53' e 55' na extremidade de conexão tipo pino diferem dos de itens equivalentes na primeira configuração conforme se encontra ilustrada na FIG. 4.

Segunda Variante da Primeira Configuração

15 A FIG. 8 ilustra uma segunda variante da primeira configuração possuindo bobinas radialmente descentradas 28 e 38'. As camadas de extremidade de conexão tipo pino 65, 27, e 66-67, e as camadas anulares de extremidade de conexão tipo pino 63' e 68', proporcionam um material de
20 alta condutividade e baixa permeabilidade para fechar melhor o percurso toroidal 40.

Terceira Variante da Primeira Configuração

Numa terceira variante da primeira configuração, similar à configuração da FIG. 8, foram omitidas partes das
25 camadas de alta condutividade e baixa permeabilidade, por

exemplo, as camadas 67 e 68' da FIG. 8. Desta forma, as camadas condutivas que constituem o percurso toroidal fechado 40 de alta condutividade e baixa permeabilidade possuem uma falha de intervalo. Desta forma, o percurso
5 toroidal 40 inclui pelo menos uma parte de extremidade de tubo de aço para fazer uma ponte sobre a falha de interrupção.

Segunda Configuração

A FIG. 9 é uma vista de corte transversal do
10 dispositivo 210 de acoplamento indutivo de uma segunda configuração de um tubo de perfuração provido de fiação de acordo com a presente invenção. Nesta configuração, o elemento 221 de acoplamento indutivo e o elemento 231' de acoplamento indutivo incluem individualmente um invólucro
15 condutivo anular provido com roscas de alta condutividade e baixa permeabilidade, um espaçador anular eletricamente isolante, e opcionalmente pelo menos uma camada anular de alta condutividade e baixa permeabilidade. Cada invólucro condutivo é preferencialmente feito de cobre com berílio.
20 Cada espaçador é preferencialmente feito de cerâmica.

A extremidade de conexão tipo pino 222 define uma extremidade de tubo externa de vedação anular (não exibida), um primeiro ressalto anular interno 241 localizado mais internamente, um primeiro ressalto interno
25 242 anular intermédio, um primeiro ressalto 243 anular

interno localizado mais externamente, e uma primeira rosca interna 223 entre a extremidade de tubo externa e o primeiro ressalto anular interno localizado mais externamente 243. A primeira bobina 228 é montada no primeiro ressalto intermédio 242.

A extremidade de conexão tipo caixa 222 inclui um primeiro invólucro condutivo anular provido de roscas 224, um primeiro espaçador anular de alta resistência eletricamente isolante 226, e uma primeira camada anular de alta condutividade e baixa permeabilidade 227. A extremidade de conexão tipo caixa 222 define uma primeira rosca interna 223 entre a extremidade de tubo externo e o primeiro ressalto intermédio 242, e uma terceira rosca interna 229. O primeiro invólucro anular condutivo provido de roscas 224 é acoplado à extremidade de conexão tipo caixa 222 na terceira rosca interna 229.

O primeiro invólucro condutivo 224 inclui uma primeira parte de corpo anular 245 e uma primeira parte de rebordo anular 246, a primeira parte de rebordo tendo um diâmetro maior que a primeira parte de corpo, a primeira parte de corpo sendo acoplada à extremidade de conexão tipo caixa no primeiro ressalto localizado mais internamente 241. O primeiro invólucro condutivo 224 envolve parcialmente a primeira bobina 228, bloqueia a bobina 228 contra o primeiro ressalto interno anular intermédio 242, e

bloqueia o primeiro espaçador anular de alta resistência eletricamente isolante 226 contra o primeiro ressalto anular interno localizado mais externamente 243.

A primeira camada anular de alta condutividade e
5 baixa permeabilidade 227 cobre preferencialmente uma parte anular da parede interna da extremidade de conexão tipo caixa entre a primeira rosca interna 223 e a terceira rosca interna 229.

A extremidade de conexão tipo pino 232' define um
10 ressalto externo anular de vedação (não exibido), um segundo ressalto interno anular localizado mais internamente 251', um segundo ressalto anular interno intermédio 252', uma segunda extremidade de tubo 253', e uma segunda rosca externa 233' entre o ressalto externo e a
15 segunda extremidade de tubo 253'. A segunda bobina 238' é montada no segundo ressalto anular interno intermédio 252'.

A extremidade de conexão tipo pino 232' inclui um segundo invólucro anular condutivo provido de roscas 234', um segundo espaçador anular de alta resistência
20 eletricamente isolante 236', e uma segunda camada anular de alta condutividade e baixa permeabilidade 237'. A extremidade de conexão tipo pino 232' define uma segunda rosca interna 233', entre a extremidade de tubo externa e o ressalto interno, e uma quarta rosca interna 239'. O
25 segundo invólucro anular condutivo provido de roscas 234' é

acoplado à extremidade de conexão tipo pino 232' na quarta rosca interna 239'.

O segundo invólucro anular condutivo provido de roscas 234' inclui uma segunda parte de corpo anular 255' e
5 uma segunda parte de rebordo anular 256', a segunda parte de rebordo tendo um diâmetro maior que a segunda parte de corpo, a segunda parte de corpo sendo acoplada à extremidade de conexão tipo pino no segundo ressalto localizado mais internamente 251'. O segundo invólucro
10 condutivo 234' envolve parcialmente a segunda bobina 238', bloqueia a bobina 238' contra o ressalto anular intermédio 253', e bloqueia o segundo espaçador anular de alta resistência eletricamente isolante 236 contra a segunda extremidade de tubo 253'.

15 A segunda camada anular de alta condutividade e baixa permeabilidade 237' cobre preferencialmente uma parte anular da parede interna da extremidade de conexão tipo pino entre a segunda rosca interna 233' e a quarta rosca interna 239'.

20 O cabo elétrico 214 acopla eletricamente os enrolamentos de bobina das primeira e segunda bobinas de um único tubo de perfuração dotado de fiação. O cabo 214 sai da extremidade de conexão tipo caixa 222 através do conduto 213. O cabo 214 sai da extremidade de conexão tipo pino
25 232' através de um segundo conduto de uma maneira similar.

Terceira Configuração

A FIG. 10 é uma vista de corte transversal do dispositivo de acoplamento indutivo 310 de uma terceira configuração de um tubo de perfuração provido com fiação de
5 acordo com a presente invenção. Nesta configuração, o primeiro elemento de acoplamento indutivo 321 na extremidade de conexão tipo caixa 322 inclui a camada anular de alta condutividade e baixa permeabilidade 327.

A extremidade de conexão tipo caixa 322 define uma
10 primeira rosca interna 323 entre uma extremidade de tubo externa (não exibida) e um ressalto de contato interno anular 325. A primeira bobina 328 é montada de forma fixa dentro da primeira fenda anular 326. O primeiro elemento de acoplamento indutivo 321 na extremidade de conexão tipo
15 caixa 322, inclui uma primeira camada anular de alta condutividade e baixa permeabilidade 327. A primeira camada 327 cobre uma parte anular da parede interna da extremidade de conexão tipo caixa entre as primeiras roscas internas 323 e o ressalto de contato interno anular 325, envolvendo
20 parcialmente a primeira bobina 328. A extremidade de conexão tipo pino 332' define uma primeira rosca externa 333' entre um ressalto externo (não exibido) e o ressalto de contato interno anular 335'. A segunda bobina 338' é montada de forma fixa dentro da segunda fenda anular 336'.
25 Um invólucro condutivo anular provido de roscas 334',

roscado no ressalto de contato interno anular 335' na quarta rosca interna 339' localiza a segunda bobina 338' na segunda fenda anular 336'.

O cabo elétrico 314 acopla eletricamente os
5 enrolamentos de bobina nas primeira e segunda bobinas de um único tubo de perfuração provido com fiação. O cabo 314 sai da extremidade de conexão tipo caixa 332 através de um primeiro conduto 313. O cabo 314 sai da extremidade de conexão tipo pino 333 através de um segundo conduto de uma
10 maneira similar.

Quarta Configuração

A FIG. 11 é uma vista de corte transversal do dispositivo de acoplamento indutivo de baixa perda 410 de uma quarta configuração de um tubo de perfuração dotado de
15 fiação de acordo com a presente invenção, em que o tubo de perfuração dotado de fiação possui um primeiro e um segundo elementos de acoplamento indutivo de anel de corrente no interior do espaço vazado interno da seção de tubo.

Numa primeira versão do dispositivo de acoplamento
20 indutivo 410, uma primeira bobina é montada no primeiro elemento de suporte tubular de alta condutividade e baixa permeabilidade 415. O elemento de suporte 415 é localmente acoplado à primeira seção de tubo no interior do espaço vazado interno da primeira seção de tubo. Similarmente, uma
25 segunda bobina 412 é montada no segundo elemento de suporte

tubular de alta condutividade e baixa permeabilidade 416.
elemento de suporte 416 é localmente acoplado à segunda
seção de tubo no interior do espaço vazado interno da
segunda seção de tubo. Quando os elementos de acoplamento
5 são encaixados entre si, uma primeira cinta conformada de
alta condutividade e baixa permeabilidade 413, uma segunda
cinta conformada de alta condutividade e baixa
permeabilidade 414, e os dois elementos de suporte
tubulares de alta condutividade e baixa permeabilidade 415
10 e 416 formam um percurso fechado toroidal de alta
condutividade e baixa permeabilidade. Este percurso envolve
ambas as bobinas, e corresponde funcionalmente ao percurso
40 na FIG. 6A. Os elementos de suporte 415 e 416 podem ser
feitos de qualquer material adequado de alta condutividade
15 e baixa permeabilidade tal como cobre com berílio, ou de um
material magnético tal como aço com um revestimento de
material de alta condutividade e baixa permeabilidade.

A FIG. 12 é uma vista em perspectiva de uma
extremidade de conexão tipo pino de uma seção de tubo
20 provida de fiação contendo um primeiro elemento da
configuração da FIG. 11. A FIG. 13 é uma vista em
perspectiva de uma extremidade de conexão tipo caixa de uma
seção de tubo provida de fiação contendo um segundo
elemento da configuração da FIG. 11.

25 Quinta Configuração

A quinta configuração encontra-se fisicamente ilustrada nas FIGS. 14-16, e está esquematicamente ilustrada na FIG. 6A. (Esquematicamente ela é muito semelhante à primeira configuração preferencial).

5 A FIG. 14 ilustra uma seção de tubo provida de fiação 510 incluindo uma haste tubular alongada 511. A haste 511 possui uma extremidade de conexão tipo caixa 522 e uma extremidade de conexão tipo pino 532. A extremidade de conexão tipo caixa 522 inclui um primeiro elemento de
10 acoplamento indutivo tipo anel de corrente 521 e uma rosca de tubo afilada interna 523. A extremidade de conexão tipo caixa 522 define uma região cônica anular de face voltada para dentro 524 com uma primeira fenda rasa 525. A extremidade de conexão tipo pino 532 inclui um segundo
15 elemento de acoplamento indutivo tipo anel de corrente 531 e uma rosca de tubo externa afilada 533. A extremidade de conexão tipo pino define uma região cônica anular de face voltada para fora 534 com uma segunda fenda rasa 535. Conforme se encontra ilustrado na parte do topo da FIG. 14,
20 a extremidade de conexão tipo caixa 522 acopla-se à extremidade de conexão tipo pino de uma seção de tubo provida de fiação adjacente para formar o dispositivo de acoplamento indutivo 520. O primeiro elemento de acoplamento indutivo tipo anel de corrente 521 e o segundo
25 elemento de acoplamento indutivo tipo anel de corrente 531

são ligados eletricamente pelo cabo elétrico interno 514. A FIG. 14 também mostra a extremidade externa de tubo 541 e o ressalto externo 551 que definem faces de vedação.

As FIGS. 15 e 16 ilustram o dispositivo de

5 acoplamento indutivo 520 da seção de tubo provida de fiação da FIG. 14 de uma forma mais detalhada. A FIG. 15 ilustra a extremidade de conexão tipo caixa 522 incluindo o primeiro elemento de acoplamento de indução tipo anel de corrente 521 e a rosca interna de tubo afilada 523. A primeira fenda

10 rasa 525 define uma primeira superfície anular côncava 526. Similarmente, a extremidade de conexão tipo pino 532 é ilustrada incluindo o segundo elemento de acoplamento de indução 531 e a rosca interna de tubo afilada 533. A segunda fenda rasa 535 define uma segunda superfície anular

15 côncava 536.

A FIG. 16 é uma vista de corte transversal ampliada dos componentes eletromagnéticos dos elementos de acoplamento indutivo tipo anel de corrente 521 e 531 das FIGS. 14 e 15 quando acoplado.

20 A FIG. 16 ilustra a primeira superfície anular côncava 526 com uma primeira camada de alta condutividade e baixa permeabilidade 527 disposta sobre a mesma. A extremidade de conexão tipo caixa 522 inclui uma primeira bobina 528, incluindo um primeiro núcleo de alta

25 permeabilidade 547 possuindo um primeiro enrolamento de

bobina 548 enrolado sobre o mesmo. A primeira bobina 528 fica localizada na primeira fenda rasa 525, parcialmente envolvida pela camada 527. A segunda superfície anular côncava 536' possui uma segunda camada de alta
5 condutividade e baixa permeabilidade 537' disposta sobre a mesma. A extremidade de conexão tipo pino 532' inclui uma segunda bobina 538', incluindo um segundo núcleo de alta permeabilidade 557' possuindo um segundo enrolamento de bobina 558' enrolado sobre o mesmo. A segunda bobina 538'
10 fica localizada no interior da segunda fenda rasa 535', parcialmente envolvida pela camada 537'.

A camada 527 constitui uma primeira cinta conformada de alta condutividade e baixa permeabilidade que envolve parcialmente a primeira bobina 528. Esta cinta é
15 conformada para cooperar com a segunda cinta conformada de alta condutividade e baixa permeabilidade que envolve parcialmente a segunda bobina 538' de uma segunda seção de tubo adjacente, para criar um percurso fechado toroidal de alta condutividade e baixa permeabilidade 540. O percurso
20 fechado 540 envolve a primeira bobina e a segunda bobina quando as primeira e segunda seções de tubo se encontram acopladas entre si como parte de uma coluna de tubos operacional.

O cabo elétrico interno 514 estende-se axialmente
25 dentro de pelo menos uma parte do espaço vazado interno da

seção de tubo. O cabo 514 encontra-se ilustrado nas FIGS. 14 e 16 passando através da extremidade de conexão tipo caixa 522 através do primeiro conduto 544 passando sem apoio através da parte central do espaço vazado interno.

- 5 Alternativamente, o cabo 514 pode ser localizado numa ranhura cortada na superfície externa da seção de tubo. Alternativamente o cabo 514 pode ser localizado num furo de broca dentro da extensão da parede da seção de tubo. Alternativamente o cabo 514 pode passar dentro do espaço
- 10 vazado interno da seção de tubo como um cabo preso ou blindado.

- um dispositivo de acoplamento indutivo do tipo de anel de corrente de baixa perda de acordo com esta quinta configuração pode ser considerado como consistindo em um
- 15 par de transformadores ligados de costas contra costas através de um percurso toroidal de alta condutividade e baixa permeabilidade similar ao percurso 40 ilustrado na FIG. 6A.

- Fazendo novamente referência à FIG. 15, o primeiro
- 20 elemento de acoplamento indutivo tipo anel de corrente 521 inclui uma primeira bobina 528 envolvendo o espaço vazado interno axial 512. O segundo elemento de acoplamento indutivo tipo anel de corrente 531' inclui uma segunda bobina 538' igualmente concêntrica com o furo vazado
- 25 interno 512. O primeiro elemento 521 inclui uma parte de

primeira conexão de seção de tubo, próxima de primeiras
roscas de conexão, que possui uma primeira camada de alta
condutividade e baixa permeabilidade 527 que envolve
parcialmente a primeira bobina. O segundo elemento 531'
5 inclui uma parte de segunda conexão de seção de tubo,
próxima de segundas roscas de conexão, que possui uma
segunda camada de alta condutividade e baixa permeabilidade
537' que envolve parcialmente a segunda bobina. A primeira
cinta conformada de alta condutividade e baixa
10 permeabilidade é conformada para cooperar com uma segunda
cinta conformada de alta condutividade e baixa
permeabilidade de uma seção de tubo provida de fiação
adjacente. Quando uma primeira seção de tubo provida de
fiação e uma segunda seção de tubo provida de fiação
15 adjacente são roscadas uma com a outra para utilização numa
coluna de tubulação, as primeira e segunda cintas
conformadas de alta condutividade e baixa permeabilidade
criam um percurso fechado toroidal de alta condutividade e
baixa permeabilidade que envolve tanto a primeira bobina da
20 seção de tubo provida de fiação quanto a segunda bobina da
seção de tubo provida de fiação adjacente.

Conforme se encontra ilustrado na FIG. 16, a
primeira bobina 528 fica localizada na cavidade toroidal
560. A cavidade toroidal 560 é definida pela superfície
25 côncava da primeira camada de alta condutividade e baixa

permeabilidade 527 que cobre a primeira superfície anular
côncava 526 e pela superfície côncava da segunda camada de
alta condutividade e baixa permeabilidade 537' que cobre a
segunda superfície anular côncava 536'. A primeira fenda
5 rasa 525 (ilustrada na FIG. 15) é formada na proximidade
das roscas e faces de vedação, e circunda o espaço vazado
interno. No interior da primeira fenda rasa 525, as bobinas
ficam bem protegidas relativamente ao ambiente de
perfuração. Cada bobina é preferencialmente hermeticamente
10 moldada com um revestimento protetor de borracha, mas pode
ser utilizado outro material polimérico de sobremoldagem.

Fazendo novamente referência à FIG. 15, o
dispositivo de acoplamento de indução 520 inclui um
primeiro elemento de acoplamento indutivo do tipo de anel
15 de corrente 521 que define um primeiro eixo geométrico Y -
Y, um espaço vazado interno axial 512, e uma primeira
extremidade externa de tubo 541. O dispositivo inclui
adicionalmente uma primeira bobina 528. A primeira bobina
528 é orientada num plano transversal ao eixo geométrico Y
20 - Y, envolvendo o espaço vazado interno 512, e fica
localizada no interior do primeiro elemento 521. O primeiro
elemento 521 possui uma rosca de tubo afilada externa 533'
e uma primeira camada de alta condutividade e baixa
permeabilidade 527 envolvendo parcialmente a primeira
25 bobina 528. A primeira camada de alta condutividade e baixa

permeabilidade 527 é conformada para se encaixar com uma segunda camada complementar de alta condutividade e baixa permeabilidade 537' de um segundo elemento de extremidade de uma seção de tubo adjacente possuindo uma correspondente

5 segunda bobina eletricamente condutiva enrolada em torno de um segundo núcleo. As duas camadas cooperam para criar o percurso fechado toroidal de alta condutividade e baixa permeabilidade 540 similar ao percurso 40 da FIG. 6A. O percurso 540 envolve ambas as bobinas quando os elementos

10 de acoplamento indutivo tipo anel de corrente 521 e 531' se encontram acoplados. Materiais protetores de preenchimento 553 e 543' envolvem as primeira e segunda bobinas respectivamente. O percurso 540, a cavidade toroidal 560, o rebordo de contato de região de vedação 561', e o rebordo

15 de contato de região de roscas 562 encontram-se ilustrados na FIG. 16.

A FIG. 16 ilustra o primeiro elemento de acoplamento indutivo do tipo de anel de corrente 521 definindo um primeiro conduto 544 envolvendo o cabo

20 elétrico interno 514. Similarmente, o segundo elemento de acoplamento indutivo do tipo de anel de corrente 531 define um segundo conduto 554' envolvendo o cabo elétrico interno 514'.

Primeira Variante da Quinta Configuração

25 A FIG. 17 é uma vista de corte transversal de uma

primeira variante da quinta configuração. Nesta variante, os primeiro e segundo núcleos e as primeira e segunda camadas de alta condutividade e baixa permeabilidade ficam localizados na proximidade das faces de vedação da seção de

5 tubo provida de fiação.

Segunda Variante da Quinta Configuração

A FIG. 18 é uma vista de corte transversal de uma segunda variante da quinta configuração, semelhante à primeira variante.

10 Terceira Variante da Quinta Configuração

Numa terceira variante (não exibida) da quinta configuração, a seção de tubo provida de fiação compreende uma haste tubular alongada feita de um material de elevada condutividade e baixa permeabilidade. A haste define uma

15 primeira cinta conformada de alta condutividade e baixa permeabilidade numa primeira extremidade da haste, e uma segunda cinta conformada de alta condutividade e baixa permeabilidade numa segunda extremidade da haste.

Quarta Variante da Quinta Configuração

20 Uma quarta variante da quinta configuração proporciona uma seção de tubo provida de fiação com uma haste feita de liga de cobre e berílio.

Quinta Variante da Quinta Configuração

Uma quinta variante da quinta configuração

proporciona um par de juntas de tubo curto ("subs") de acoplamento indutivo. Cada junta de tubo curto possui uma haste curta feita de um metal, e um único elemento de acoplamento indutivo parcialmente envolvido por uma camada condutiva anular côncava de alta condutividade e baixa permeabilidade. Se a haste for feita de um material de alta condutividade e baixa permeabilidade, tal como uma liga de cobre e berílio, a camada não é necessária. A quinta variante não se encontra ilustrada mas usa componentes aqui revelados mais acima como parte da quinta configuração. Os dispositivos de acoplamento de indução são similares àqueles utilizados nas duas extremidades da quinta configuração. Uma primeira junta de tubo curto seria roscada na primeira extremidade de uma seção de tubo convencional (não provida de fiação) e uma segunda junta de tubo curto seria roscada na segunda extremidade da seção de tubo para formar um conjunto de seção de tubo provida de fiação (não exibida). Os dois elementos de acoplamento indutivo deste conjunto de seção de tubo provida de fiação podem ser eletricamente acoplados um ao outro no local de montagem por um cabo passado através do espaço vazado interno da seção de tubo. A utilização de juntas de tubo curto de acoplamento indutivo triplica o número de conexões roscadas, mas não aumenta o número de elementos de acoplamento indutivo necessários para uma determinada

coluna de perfuração. O método de utilização requer que pelo menos uma ligação de cabo seja feita após as juntas de tubo curto de indução terem sido instaladas.

Sexta Configuração

5 A sexta configuração de uma seção de tubo provida de fiação encontra-se ilustrada numa vista de corte transversal na FIG. 17, e está ilustrada esquematicamente na FIG. 6A. (Esquematicamente a sexta configuração é muito semelhante à primeira configuração preferencial).

10 A FIG. 17 ilustra o dispositivo de acoplamento indutivo 620 incluindo o primeiro elemento de acoplamento indutivo do tipo de anel de corrente 621 e o segundo elemento de acoplamento indutivo do tipo de anel de corrente 631' de uma seção de tubo provida de fiação
15 adjacente. A extremidade de conexão tipo caixa 622 define uma rosca de tubo interna afilada 623, uma extremidade de vedação de tubo 624, e uma primeira fenda anular 625 na extremidade de vedação de tubo 624. A extremidade de conexão tipo pino 632' define uma rosca de tubo externa
20 afilada 633', um ressalto de vedação 634', e uma segunda fenda anular 635' no ressalto de vedação 634'. A extremidade de conexão tipo caixa 622 acopla-se com a extremidade de conexão tipo pino 632' da seção de tubo provida de fiação adjacente para formar o dispositivo de
25 acoplamento indutivo 620.

A primeira fenda anular 625 contém uma primeira camada anular côncava de alta condutividade e baixa permeabilidade 627 definindo uma primeira cavidade anular. A primeira bobina 628 é montada num composto de

5 preenchimento no interior da primeira cavidade anular. A segunda fenda anular 635' contém uma segunda camada anular côncava de alta condutividade e baixa permeabilidade 637' definindo uma segunda cavidade anular. A segunda bobina 638 é montada num composto de preenchimento no interior da

10 segunda cavidade anular.

Os enrolamentos de bobina da primeira bobina 628 do elemento de acoplamento indutivo tipo anel de corrente 621 e os enrolamentos de bobina do segundo elemento de acoplamento indutivo tipo anel de corrente (não exibido) do

15 tubo de perfuração provido de fiação do elemento de acoplamento 621 são ligados eletricamente pelo cabo elétrico interno 614.

Na sexta configuração, conforme se encontra ilustrado na FIG. 17, a extremidade de vedação de tubo 624

20 inclui partes anulares interna e externa separadas pela primeira fenda 625, e o ressalto 634' inclui partes anulares interna e externa separadas pela segunda fenda 635'.

Numa variante da sexta configuração, a FIG. 18

25 ilustra uma seção de tubo provida de fiação possuindo uma

extremidade de vedação de tubo mais robusta (não fendida)
644 e um ressalto mais robusto 654'. Esta variante também
inclui uma terceira camada de alta condutividade e baixa
permeabilidade 647 sobre uma face anular interna próxima da
5 rosca interna 643, e uma quarta camada de alta
condutividade e baixa permeabilidade 657' sobre uma face
anular externa próxima da rosca externa 653'.

REIVINDICAÇÕES

1. SEÇÃO DE TUBO PROVIDA DE FIAÇÃO POSSUINDO UM ESPAÇO VAZADO INTERNO AXIAL, compreendendo:

uma haste tubular alongada(11);

5 compreendendo uma extremidade de conexão tipo caixa(22), numa primeira extremidade da referida haste, a referida extremidade de conexão tipo caixa definindo uma extremidade de tubo externa de contato anular(41), um ressalto interno de contato anular(24), e uma rosca
10 interna(23) entre a referida extremidade de tubo externa e o referido ressalto interno, o referido ressalto interno apresentando no mesmo uma primeira fenda anular(25),
caracterizada por

a referida primeira fenda conter uma primeira
15 camada anular côncava de alta condutividade e baixa permeabilidade(27) definindo uma primeira cavidade anular, e uma primeira bobina(28) montada de forma fixa no interior da referida primeira cavidade anular;

uma extremidade de conexão tipo pino(32), numa
20 segunda extremidade da referida haste, a referida extremidade de conexão tipo pino definindo um ressalto externo de contato anular(51), uma extremidade de tubo interna de contato anular(34), e uma rosca externa(33) entre o referido ressalto externo e a referida extremidade
25 de tubo interna, a referida extremidade de tubo interna

apresentando na mesma uma segunda fenda anular(35), a referida segunda fenda contendo uma segunda camada anular côncava de alta condutividade e baixa permeabilidade(37) definindo uma segunda cavidade anular, e uma segunda
5 bobina(38) montada de forma fixa no interior da referida segunda cavidade anular; e

meios(20) para ligação elétrica de enrolamentos de bobina das referidas primeira e segunda bobinas.

2. Seção de tubo provida de fiação, de acordo com a
10 reivindicação 1, caracterizada por as referidas camadas côncavas possuírem partes concêntricas voltadas uma para a outra(26a, 26b).

3. Seção de tubo provida de fiação, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por a distância axial entre
15 a referida extremidade de tubo externa e o referido ressalto interno ser aproximadamente idêntica à distância axial entre o referido ressalto externo e a referida extremidade de tubo interna.

4. Seção de tubo provida de fiação, de acordo com a
20 reivindicação 3, caracterizada por a distância axial entre a referida extremidade de tubo externa e o referido ressalto interno ser maior que a distância axial entre o referido ressalto externo e a referida extremidade de tubo interna numa medida suficiente para assegurar que o torque
25 requerido para aperto do referido ressalto interno contra a

referida extremidade de tubo interna para formação de um percurso fechado toroidal de alta condutividade e baixa permeabilidade seja igual ao torque requerido para aperto da referida extremidade de tubo externa contra o referido ressalto externo para obtenção de uma vedação de tubo adequada.

5 5. Seção de tubo provida de fiação, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por a referida extremidade de conexão tipo caixa incluir um conduto(13) para passagem
10 do referido cabo elétrico através de uma parte da referida extremidade de conexão tipo caixa.

6. Seção de tubo provida de fiação, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por cada bobina possuir uma seção transversal alongada axialmente.

15 7. Seção de tubo provida de fiação, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por cada camada incluir um material selecionado de um grupo de materiais, o grupo consistindo em cobre, latão, bronze, liga de cobre e berílio, prata, alumínio, ouro, tungstênio, e zinco.

20 8. Seção de tubo provida de fiação, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por cada camada consistir num revestimento de um material selecionado de um grupo de materiais, o grupo consistindo em cobre, latão, bronze, liga de cobre e berílio, prata, alumínio, ouro, tungstênio,
25 e zinco.

9. Seção de tubo provida de fiação, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por a referida primeira camada consistir num inserto de um material incluindo um material selecionado de um grupo de materiais, o grupo consistindo em cobre, latão, bronze, liga de cobre e berílio, prata, alumínio, ouro, tungstênio, e zinco.

10. Seção de tubo provida de fiação, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por cada bobina ser encapsulada num material de enchimento.

10 11. Seção de tubo provida de fiação, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por pelo menos uma das referidas camadas de alta condutividade e baixa permeabilidade incluir pelo menos uma camada de segmento(77).

15 12. Seção de tubo provida de fiação, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por o referido ressalto interno incluir um entalhe(46) para passagem do referido cabo elétrico para o interior do referido espaço vazado interno axial.

20 13. Seção de tubo provida de fiação, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por a referida extremidade de tubo interna incluir um entalhe(56') para passagem do referido cabo elétrico para o interior do referido espaço vazado interno axial.

25 14. Seção de tubo provida de fiação, de acordo com

a reivindicação 1, caracterizada por a referida primeira bobina e a referida segunda bobina serem radialmente descentradas.

15. Seção de tubo provida de fiação, de acordo com
5 a reivindicação 1, caracterizada por um espaço de intervalo na camada de alta condutividade e baixa permeabilidade formando o referido percurso toroidal ser unido em ponte por uma parte de extremidade de tubo.

16. DISPOSITIVO DE ACOPLAMENTO INDUTIVO PARA UMA
10 SEÇÃO DE TUBO PROVIDA DE FIAÇÃO POSSUINDO UM ESPAÇO VAZADO INTERNO AXIAL, o dispositivo de acoplamento indutivo compreendendo:

uma haste tubular alongada;

compreendendo uma extremidade de conexão tipo
15 caixa(22) de uma primeira seção de tubo provida de fiação(10), a referida extremidade de conexão tipo caixa definindo uma extremidade de tubo externa de contato anular(41), um ressalto interno de contato anular(24), e uma rosca interna(23) entre a referida extremidade de tubo
20 externa e o referido ressalto interno, o referido ressalto interno apresentando no mesmo uma primeira fenda anular(25),

caracterizado por

a referida primeira fenda conter uma primeira camada anular
25 côncava de alta condutividade e baixa permeabilidade(27)

definindo uma primeira cavidade anular; e uma primeira bobina(28) montada de forma fixa no interior da referida primeira cavidade anular;

uma extremidade de conexão tipo pino(32') de uma
5 segunda seção de tubo provida de fiação, a referida extremidade de conexão tipo pino definindo um ressalto externo de contato anular(51'), uma extremidade de tubo interna de contato anular(34'), e uma rosca externa(33') entre o referido ressalto externo e a referida extremidade
10 de tubo interna, a referida extremidade de tubo interna apresentando na mesma uma segunda fenda anular(35'), a referida segunda fenda contendo uma segunda camada anular côncava de alta condutividade e baixa permeabilidade(37') definindo uma segunda cavidade anular, e uma segunda
15 bobina(38') montada de forma fixa no interior da referida segunda cavidade anular; e

meios de rosca(23, 33') para forçar o referido ressalto interno contra a referida extremidade de tubo interna de tal forma que a referida primeira camada e a
20 referida segunda camada sejam fortemente pressionadas uma contra a outra para formação de um percurso toroidal fechado de alta condutividade e baixa permeabilidade envolvendo ambas as bobinas.

17. Dispositivo de acoplamento indutivo, de acordo
25 com a reivindicação 16, caracterizado por as referidas

primeira e segunda camadas definirem um percurso toroidal, e o referido percurso toroidal incluir pelo menos uma parte de extremidade de tubo.

18. SEÇÃO DE TUBO PROVIDA DE FIAÇÃO POSSUINDO UM
5 ESPAÇO VAZADO INTERNO AXIAL, compreendendo:

uma haste tubular alongada;

caracterizado por compreender uma extremidade de conexão tipo caixa, numa primeira extremidade da referida haste, a referida extremidade de conexão tipo caixa

10 definindo uma extremidade de tubo externa anular, um primeiro ressalto interno anular(241) localizado mais internamente, um primeiro ressalto interno anular intermédio(242), um primeiro ressalto interno anular(243) localizado mais externamente, e uma primeira rosca
15 interna(223) entre a referida extremidade de tubo externa e o referido ressalto interno anular localizado mais externamente;

uma primeira bobina(228) no referido primeiro ressalto intermédio;

20 um primeiro espaçador anular eletricamente isolante(226);

um primeiro recinto anular de alta condutividade e baixa permeabilidade(224) possuindo uma primeira parte de corpo anular(245) e uma primeira parte de rebordo anular, a
25 referida primeira parte de rebordo anular possuindo um

diâmetro maior que a referida primeira parte de corpo, a referida primeira parte de corpo acoplando-se à referida extremidade de conexão tipo caixa no referido primeiro ressalto localizado mais internamente, a referida primeira
5 parte de rebordo acoplando a referida primeira bobina e o referido primeiro espaçador à referida extremidade de conexão tipo caixa;

uma extremidade de conexão tipo pino(232'), numa segunda extremidade da referida haste, a referida
10 extremidade de conexão tipo pino definindo um ressalto externo anular, um segundo ressalto interno anular(251') localizado mais internamente, um segundo ressalto interno anular intermédio(252'), uma segunda extremidade de tubo interna(253'), e uma segunda rosca externa(233') entre a
15 referida extremidade de tubo externa e a referida segunda extremidade de tubo interna;

uma segunda bobina(238') no referido segundo ressalto intermédio;

um segundo espaçador anular eletricamente
20 isolante(236');

um segundo recinto anular de alta condutividade e baixa permeabilidade(234') possuindo uma segunda parte de corpo cilíndrico(255') e uma segunda parte de rebordo cilíndrico(256'), a referida segunda parte de rebordo
25 cilíndrico possuindo um diâmetro maior que a referida

segunda parte de corpo, a referida segunda parte de corpo acoplando-se à referida extremidade de conexão tipo caixa no referido segundo ressalto localizado mais internamente, a referida segunda parte de rebordo acoplando a referida
5 segunda bobina e o referido segundo espaçador à referida extremidade de conexão tipo pino; e

meios(210) para ligar eletricamente os enrolamentos de bobina das referidas primeira e segunda bobinas.

19. Seção de tubo provida de fiação, de acordo com
10 a reivindicação 18, caracterizada por o referido primeiro ressalto interno anular localizado mais internamente definir uma terceira rosca interna(229), e a referida primeira parte de corpo ser provida de roscas e ser acoplada à referida extremidade de conexão tipo caixa pela
15 referida terceira rosca interna.

20. Seção de tubo provida de fiação, de acordo com a reivindicação 18, caracterizada por a referida extremidade de conexão tipo caixa definir uma primeira parede interna anular entre as primeiras roscas internas e
20 o ressalto interno localizado mais externamente, e compreender adicionalmente uma primeira camada anular de alta condutividade e baixa permeabilidade sobre a referida primeira parede interna anular.

21. Seção de tubo provida de fiação, de acordo com
25 a reivindicação 18, caracterizada por a referida

extremidade de conexão tipo caixa compreender uma primeira camada anular de alta condutividade e baixa permeabilidade sobre a referida primeira parede interna anular.

22. Seção de tubo provida de fiação, de acordo com
5 a reivindicação 18, caracterizada por a referida extremidade de conexão tipo pino compreender uma camada anular de alta condutividade e baixa permeabilidade(227) no referido segundo ressalto intermédio.

23. Seção de tubo provida de fiação, de acordo com
10 a reivindicação 18, caracterizada por o referido segundo ressalto anular interno localizado mais internamente definir uma quarta rosca interna(239'), e a referida segunda parte de corpo provida de roscas ser acoplada à referida extremidade de conexão tipo pino pela referida
15 quarta rosca interna.

24. SEÇÃO DE TUBO PROVIDA DE FIAÇÃO POSSUINDO UM ESPAÇO VAZADO INTERNO AXIAL, compreendendo:

uma haste tubular alongada;

caracterizado por compreender uma extremidade de
20 conexão tipo caixa definindo uma primeira superfície conformada circundando o espaço vazado⁴ interno axial, a referida extremidade de conexão tipo caixa incluindo uma primeira camada de material de alta condutividade e baixa permeabilidade sobre a referida primeira superfície
25 conformada definindo uma primeira cinta conformada(413);

um primeiro elemento de suporte tubular(415)
acoplado à referida extremidade de conexão tipo caixa
dentro do espaço vazado interno axial;

uma primeira bobina(411) disposta coaxialmente com,
5 circundada por, e suportada pelo referido primeiro elemento
de suporte tubular, a referida bobina circundando a
referida primeira cinta conformada porém separada da mesma;

uma extremidade de conexão tipo pino definindo uma
segunda superfície conformada circundando o espaço vazado
10 interno axial, a referida extremidade de conexão tipo pino
incluindo uma segunda camada de material de alta
condutividade e baixa permeabilidade sobre a referida
segunda superfície conformada definindo uma segunda cinta
conformada;

15 um segundo elemento de suporte tubular(416)
acoplado à referida extremidade de conexão tipo pino dentro
do espaço vazado interno axial;

uma segunda bobina(412) disposta coaxialmente com,
circundada por, e suportada pelo referido segundo elemento
20 de suporte tubular, a referida bobina circundando a
referida segunda cinta conformada porém separada da mesma;
e

meios(410) para ligar eletricamente os enrolamentos
de bobina das referidas primeira e segunda bobinas.

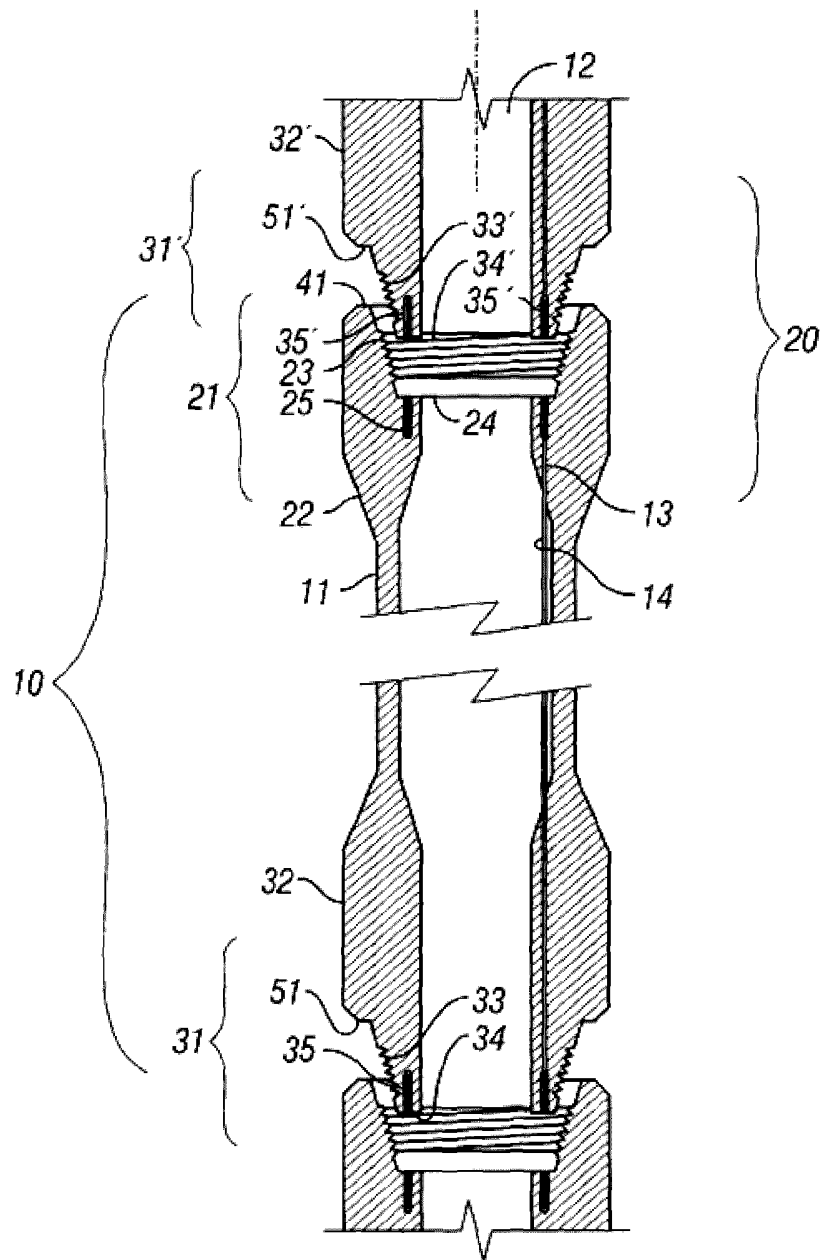


FIG. 1

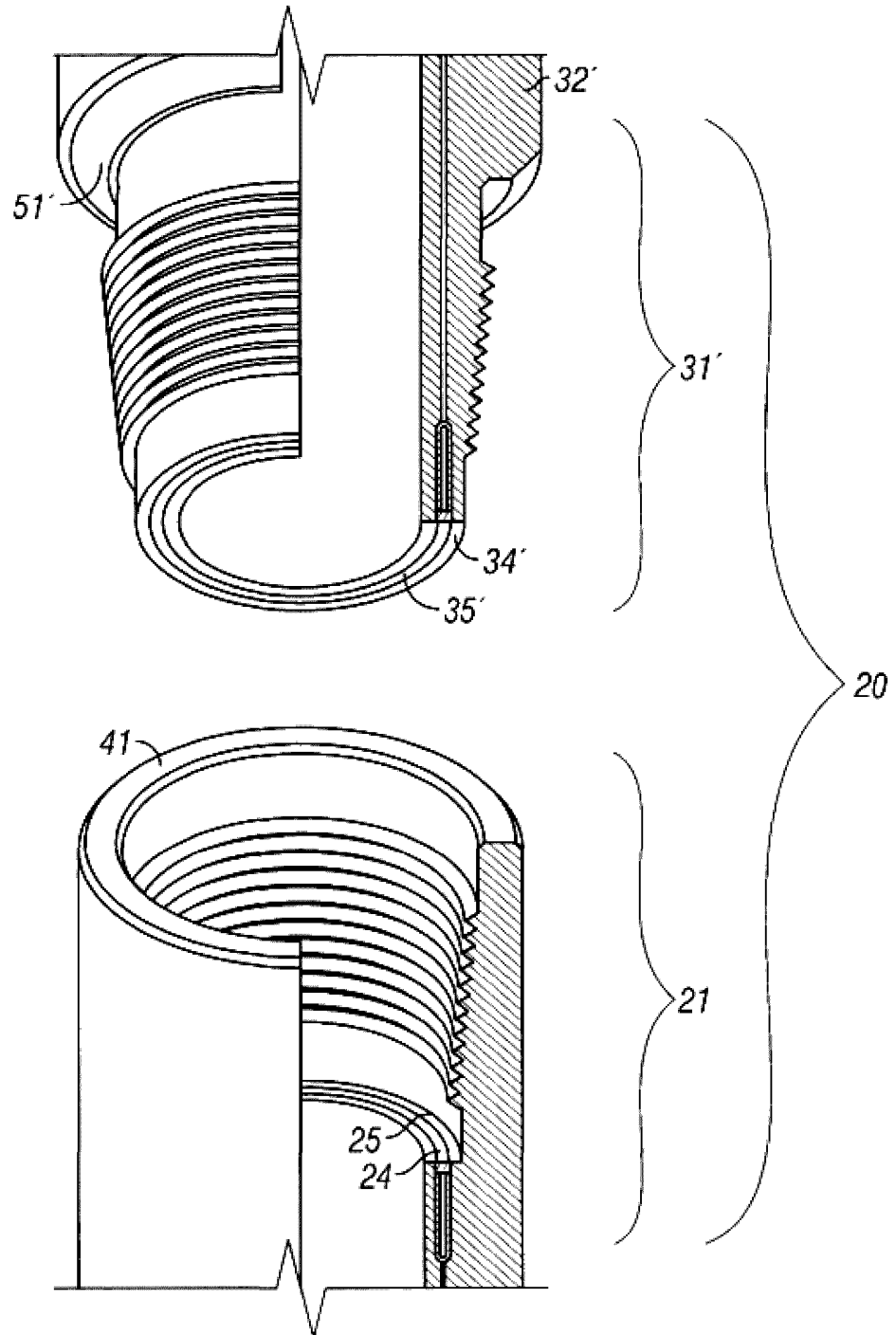


FIG. 2

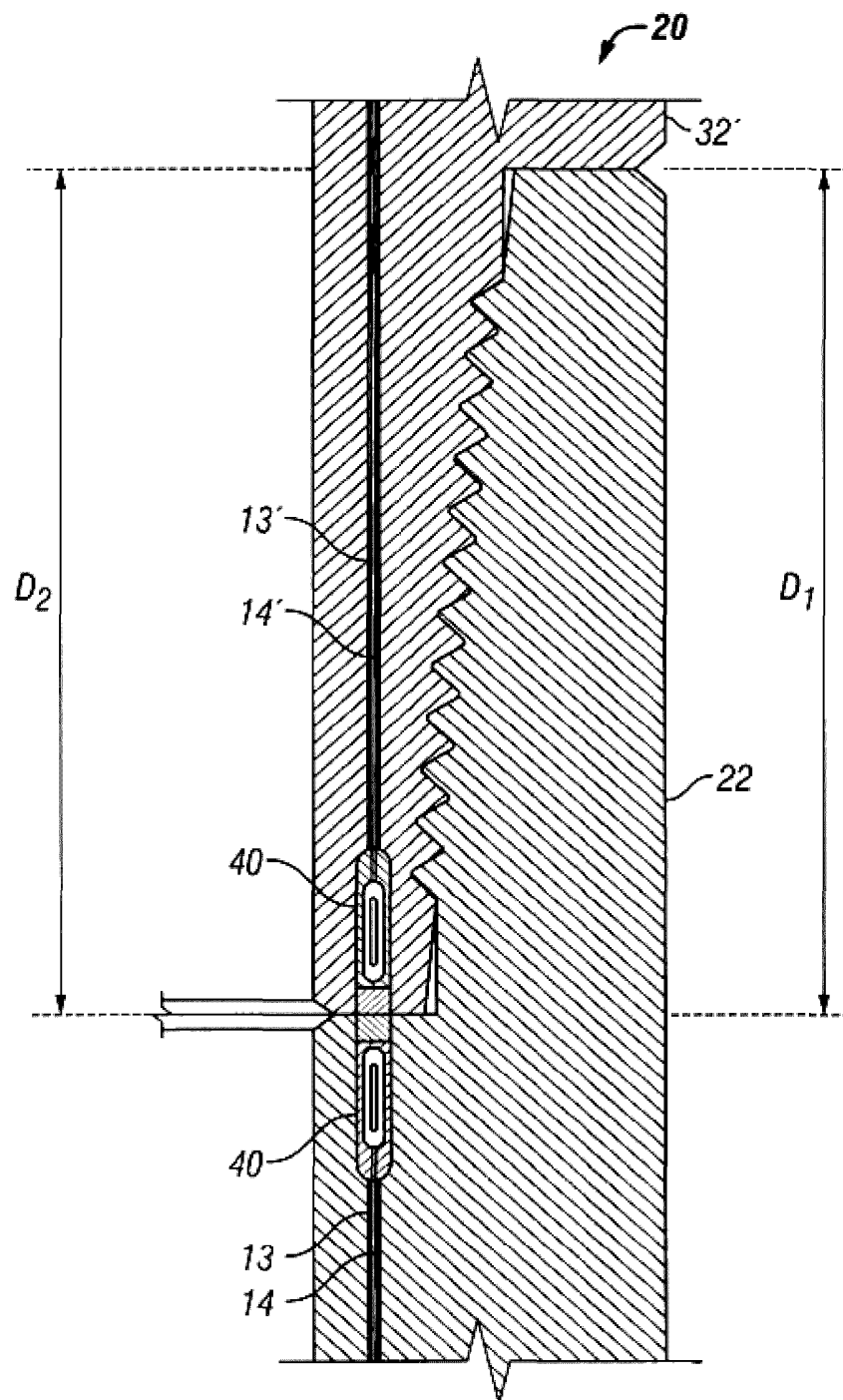


FIG. 3

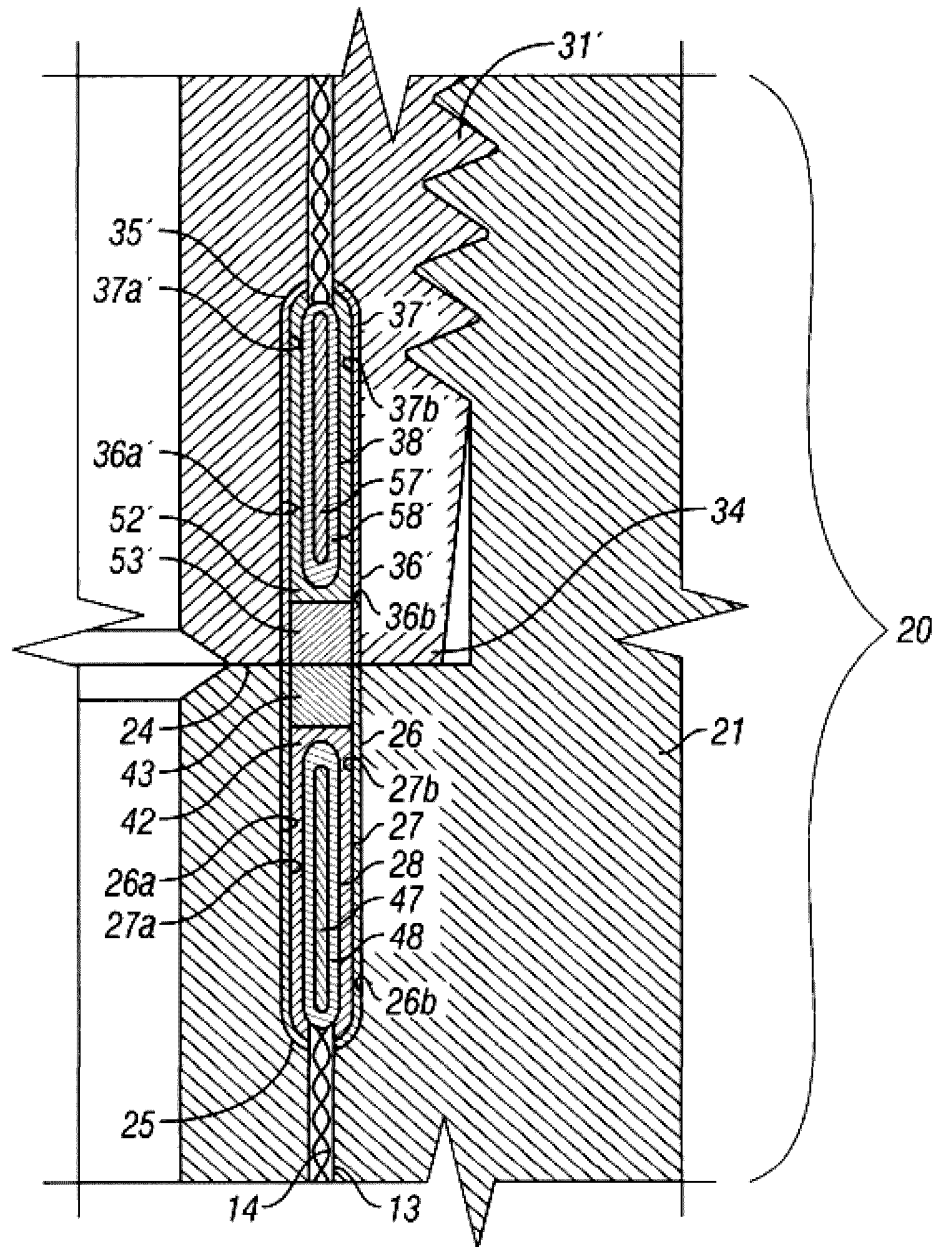


FIG. 4

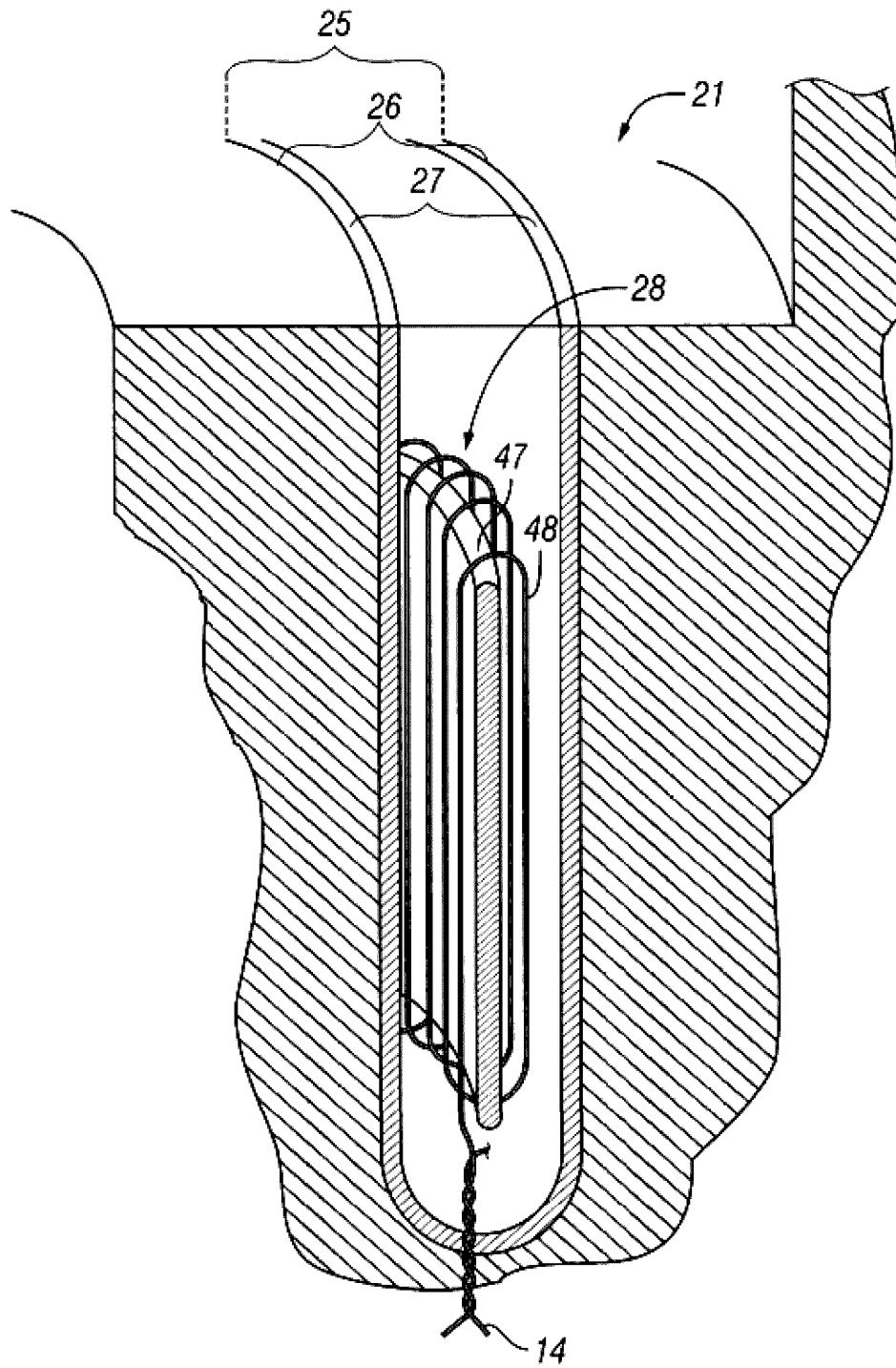


FIG. 5

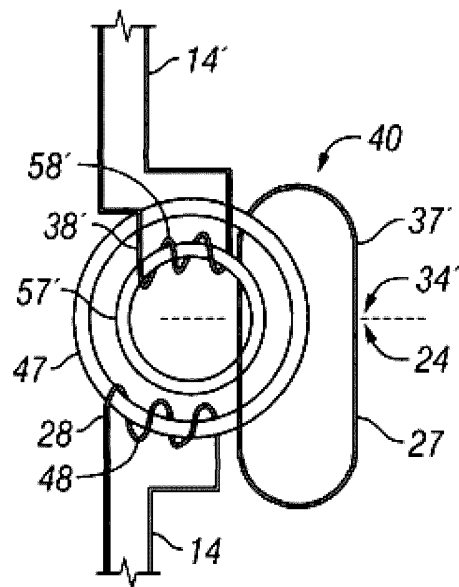


FIG. 6A

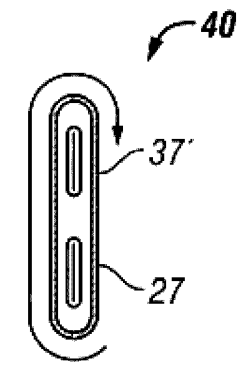
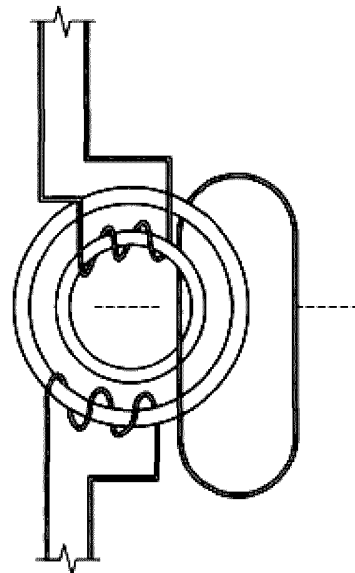


FIG. 6B

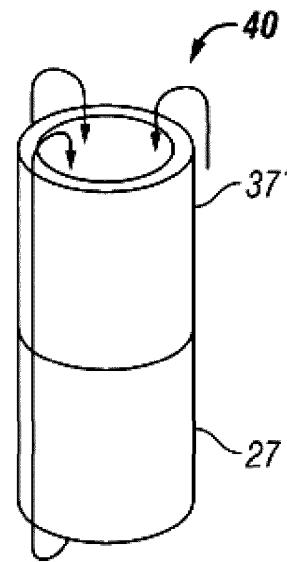


FIG. 6C

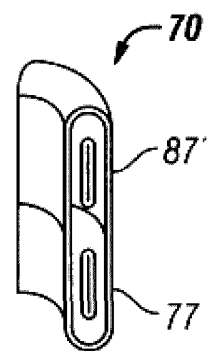


FIG. 6D

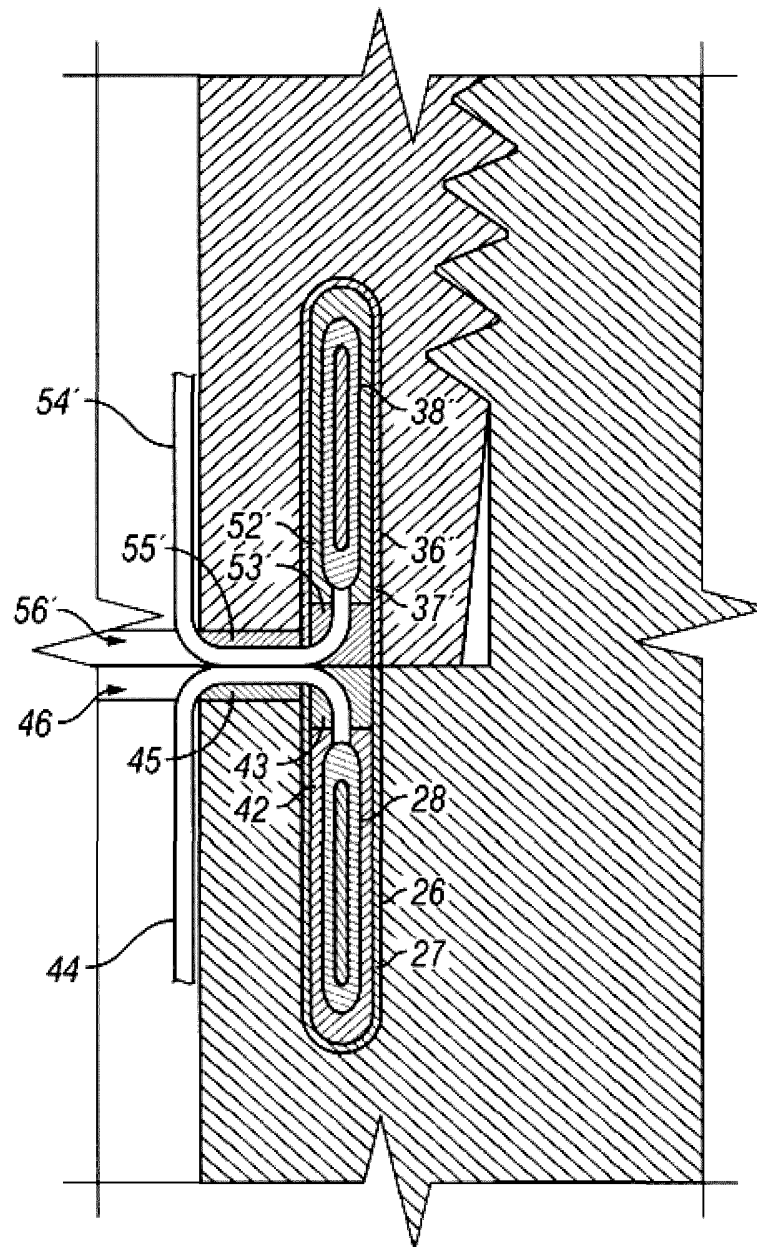


FIG. 7

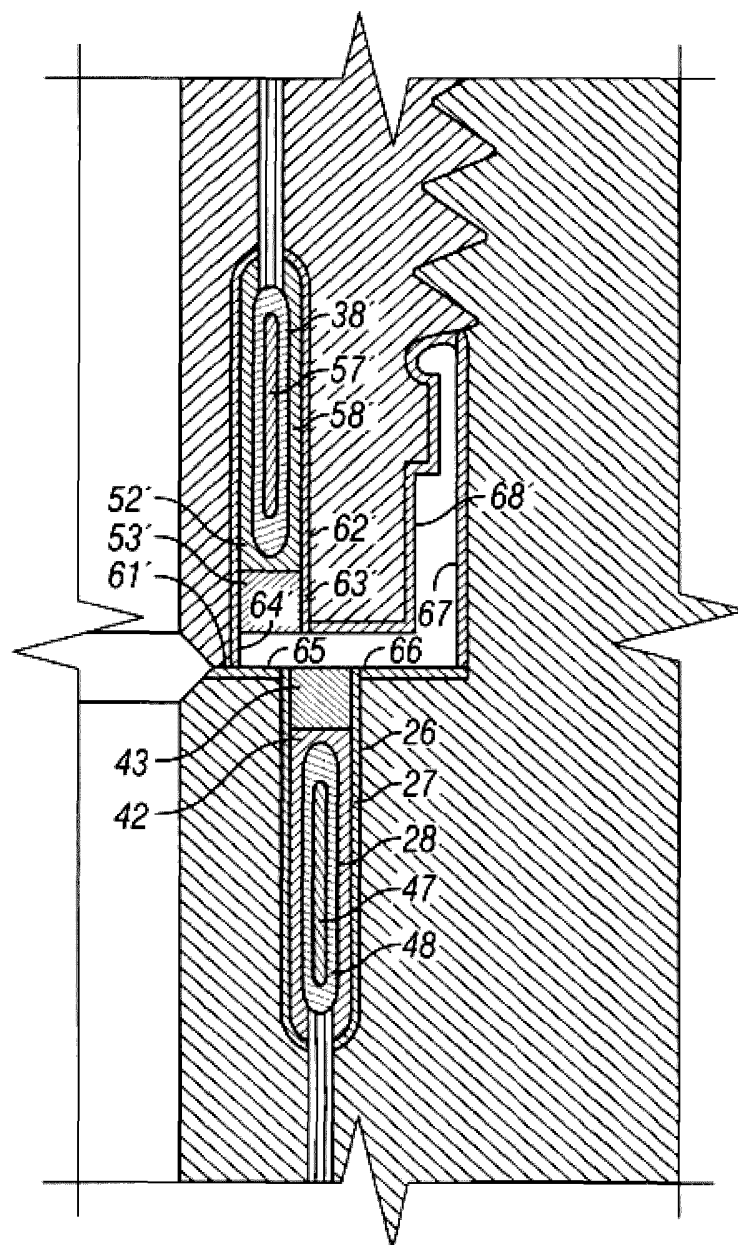


FIG. 8

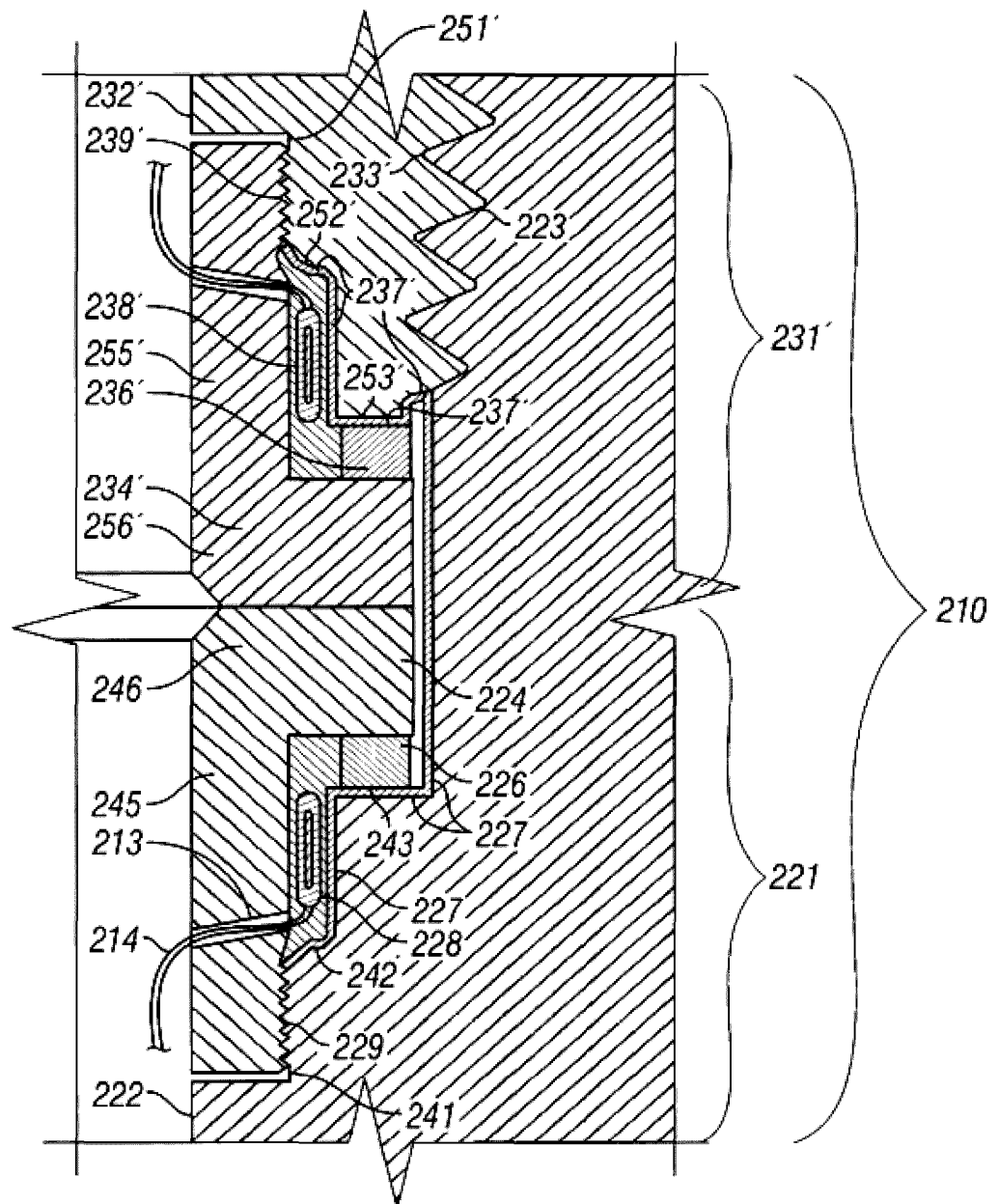


FIG. 9

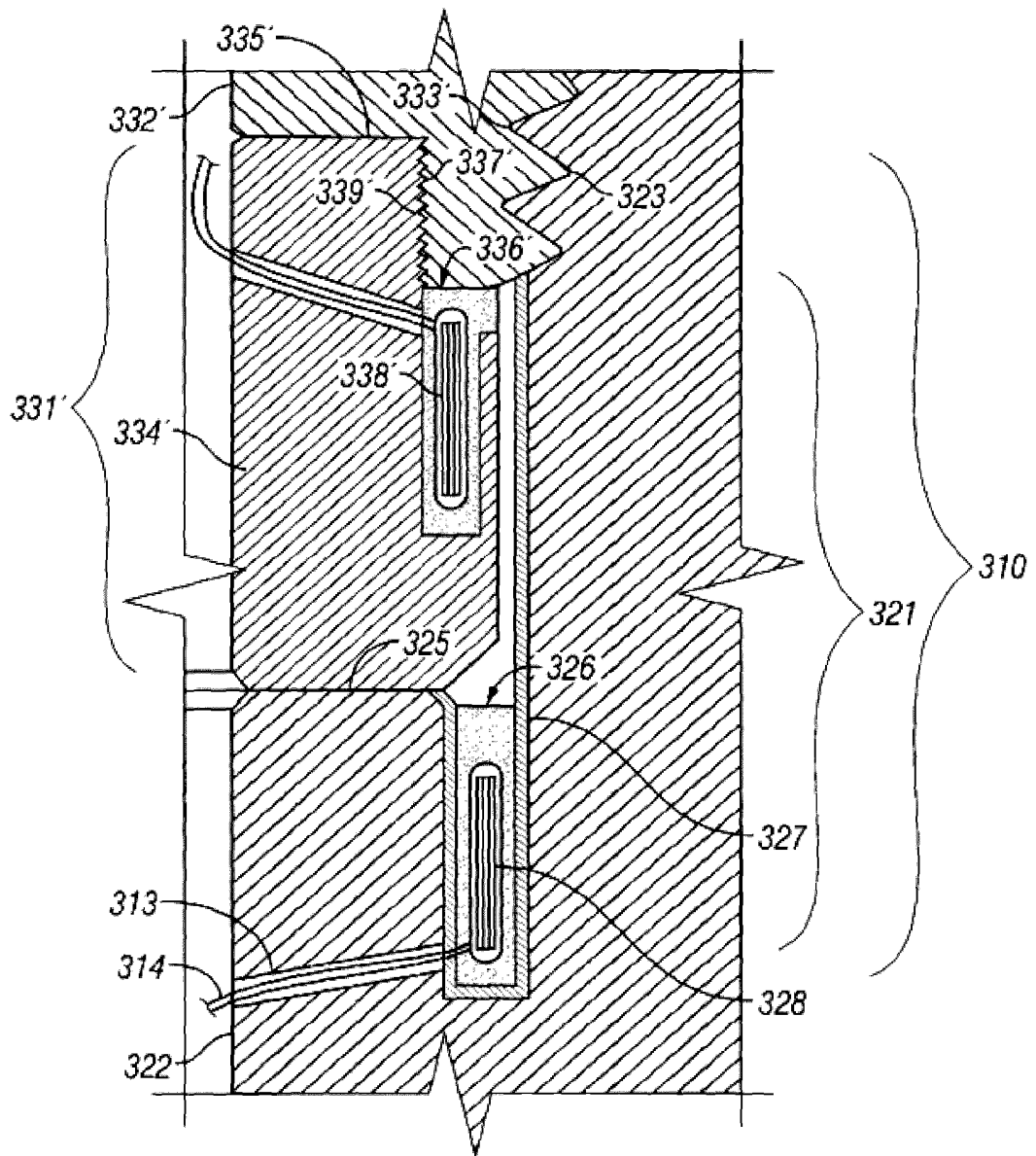


FIG. 10

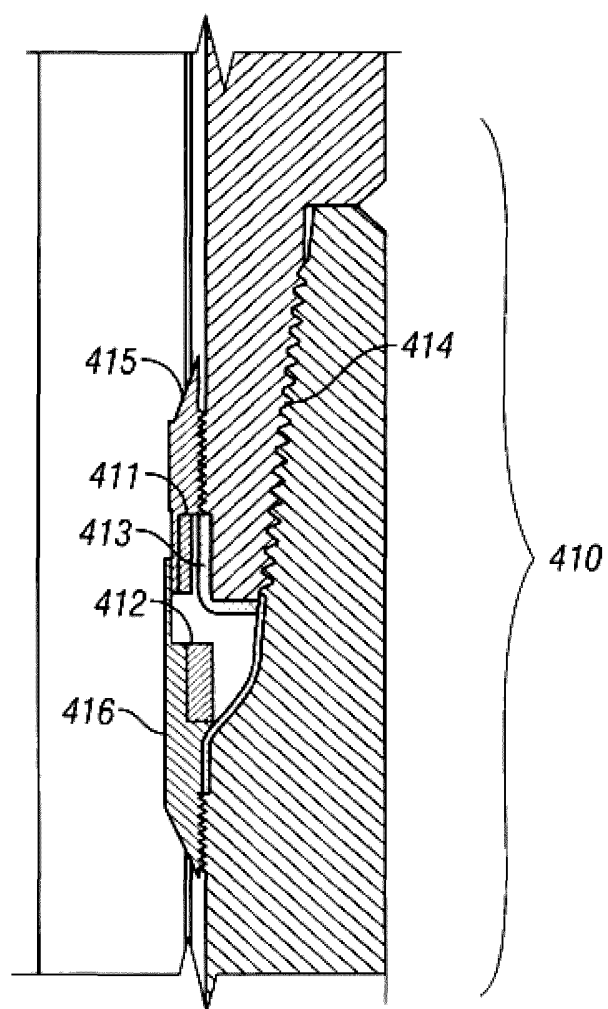


FIG. 11

12/17

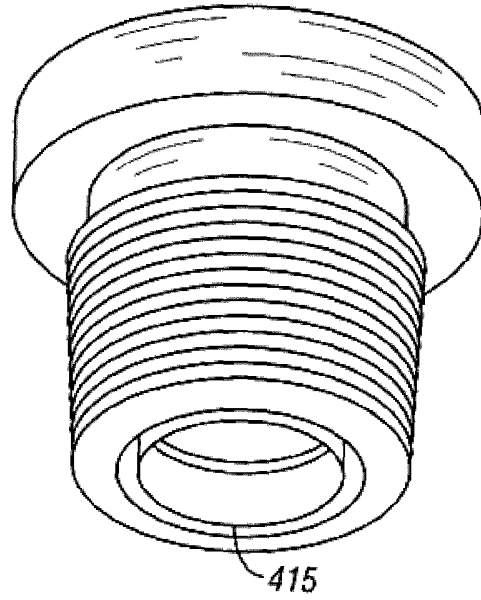


FIG. 12

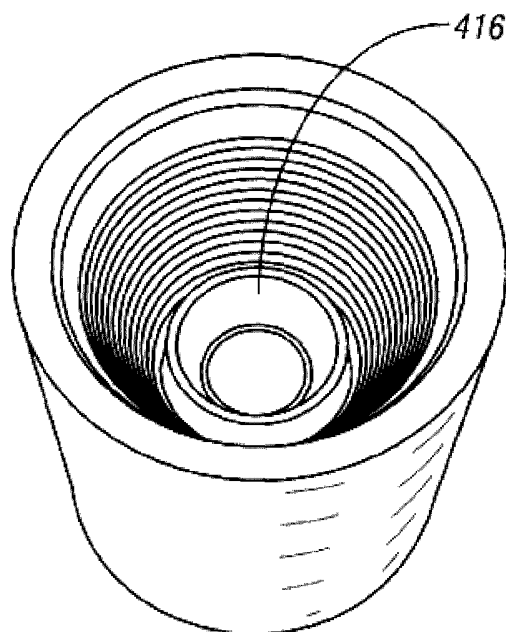


FIG. 13

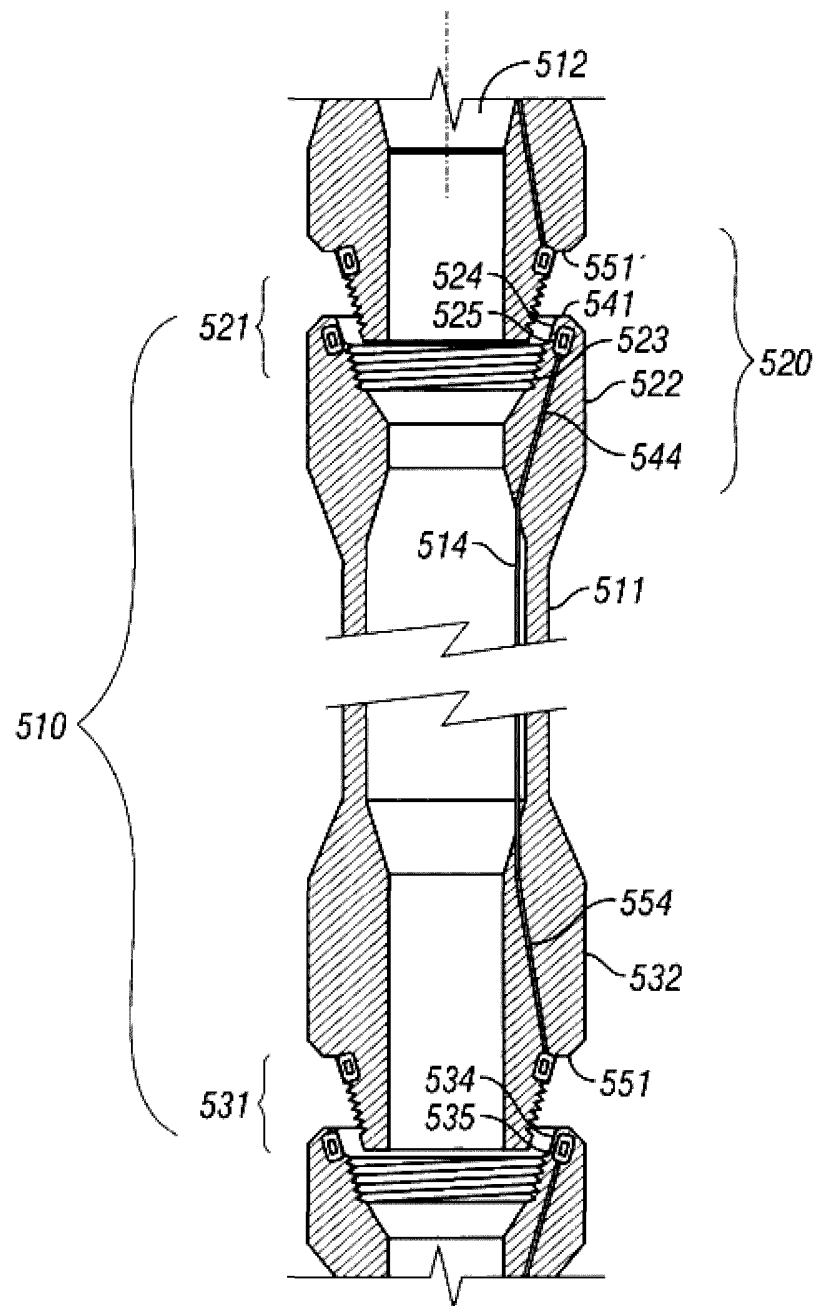


FIG. 14

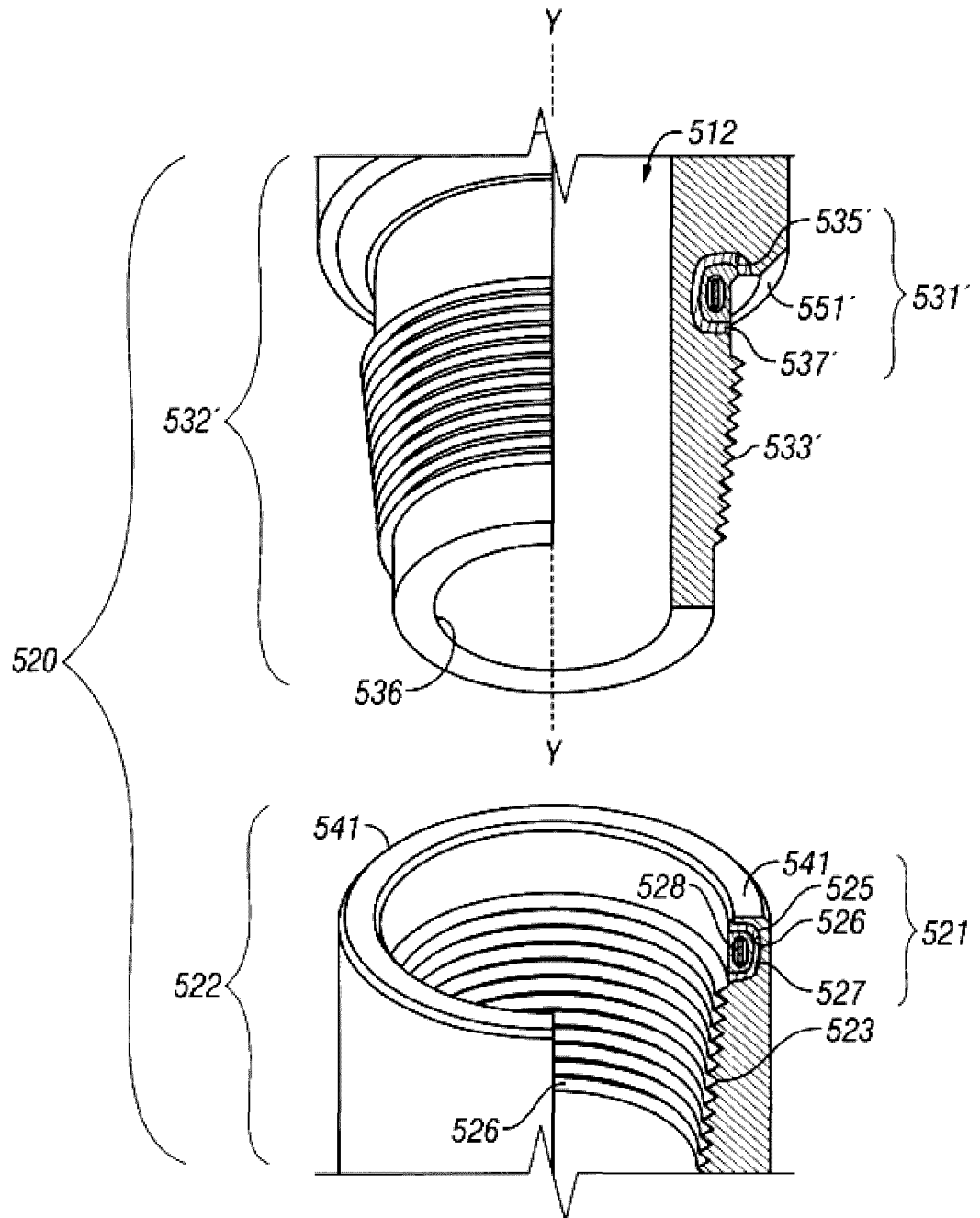


FIG. 15

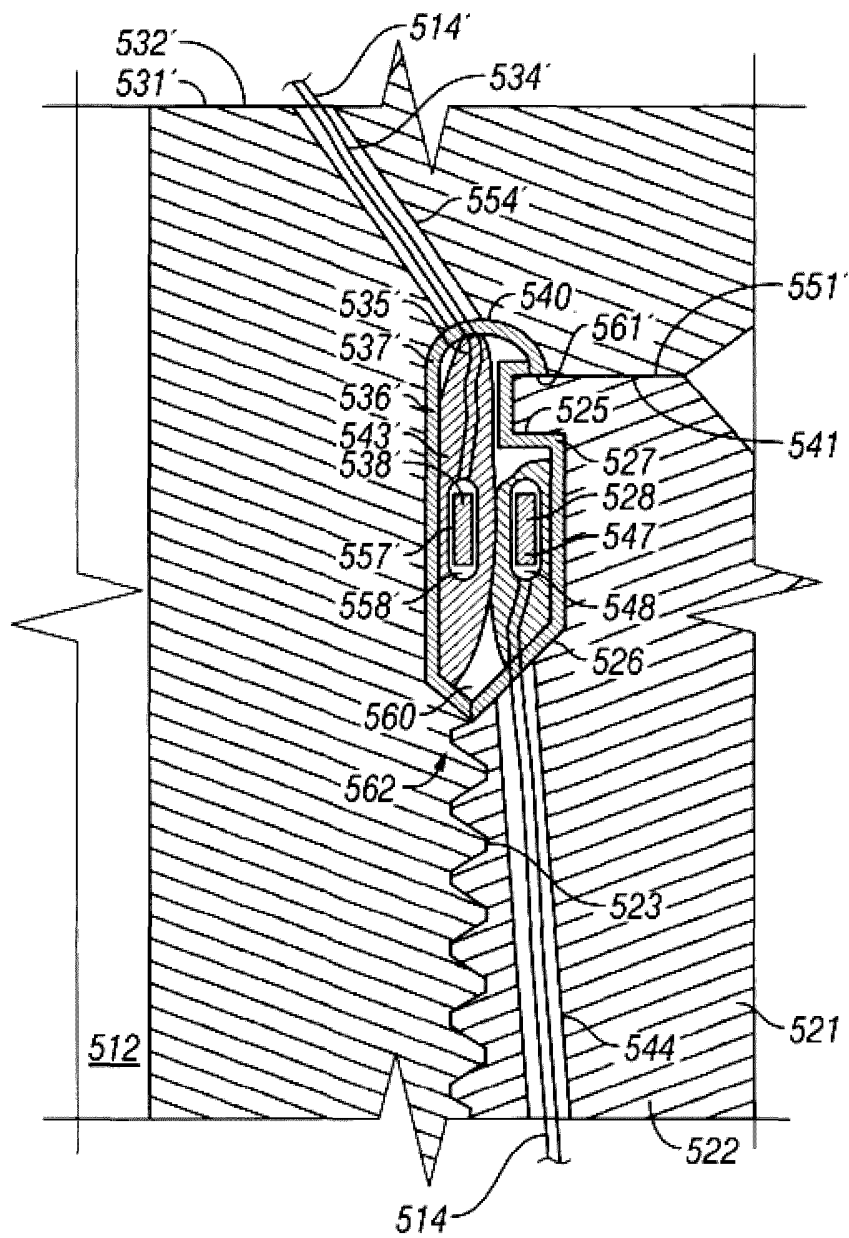


FIG. 16

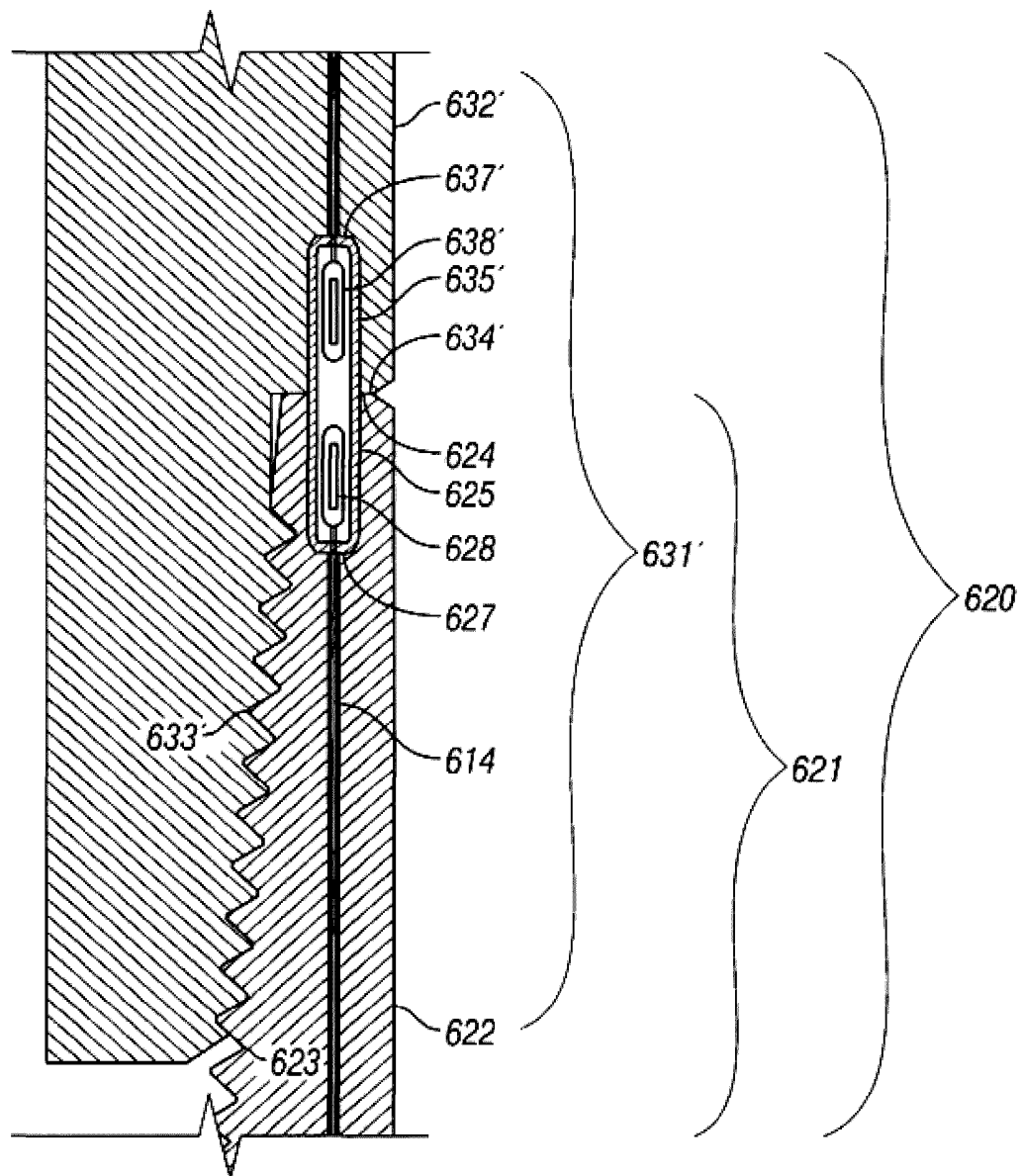


FIG. 17

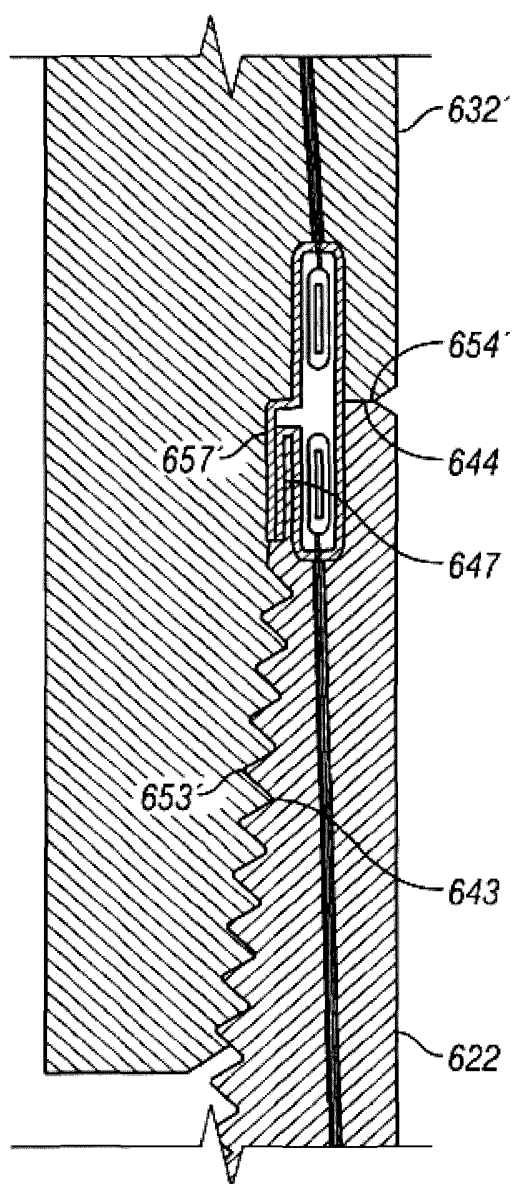


FIG. 18

RESUMO

SEÇÃO DE TUBO E DISPOSITIVO DE ACOPLAMENTO INDUTIVO PARA
UMA SEÇÃO DE TUBO PROVIDA DE FIAÇÃO POSSUINDO UM ESPAÇO
VAZADO INTERNO AXIAL

5 Trata-se de uma seção de tubo robusta, de baixa
perda, provida para serviço como componente de uma coluna
de tubulação provida de fiação para transmissão de dados de
medições para uma estação localizada na superfície a partir
de localizações num furo perfurado em perfuração de poços
10 de petróleo e operações realizadas em poços de petróleo.
Camadas condutivas reduzem perdas de energia de sinais ao
longo da extensão da coluna de perfuração mediante redução
de perdas resistivas e perdas de fluxo em cada dispositivo
de acoplamento indutivo. A seção de tubo provida de fiação
15 é robusta no fato de permanecer operacional na presença de
intervalos de falha na camada condutiva. Uma seção de tubo
provida de fiação inclui uma haste tubular alongada
possuindo um espaço vazado interno axial, uma extremidade
de conexão tipo caixa provida de roscas, e uma extremidade
20 de conexão tipo pino provida de roscas. uma primeira bobina
anular, montada de forma fixa na extremidade de conexão
tipo caixa, é parcialmente envolvida por uma primeira
camada de alta condutividade e baixa permeabilidade, e uma
segunda bobina anular montada de forma fixa na extremidade
25 de conexão tipo pino é parcialmente envolvida por uma

segunda camada de alta condutividade e baixa permeabilidade, de tal forma que quando a extremidade de conexão tipo caixa de uma primeira seção de tubo provida de fiação é acoplada para operação com a extremidade de

5 conexão tipo pino de uma segunda seção de tubo provida de fiação, as primeira e segunda camadas de alta condutividade e baixa permeabilidade formam pelo menos uma parte de um percurso toroidal envolvendo a primeira bobina anular da primeira seção de tubo provida de fiação e a segunda bobina

10 anular da segunda seção de tubo provida de fiação. Os enrolamentos de bobina das primeira e segunda bobinas da seção de tubo provida de fiação são ligados eletricamente.