



**IP**  
Assinado  
Digitalmente

**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL**  
MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS  
**INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL**

## **CARTA PATENTE Nº PI 0720463-9**

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

**(21) Número do Depósito:** PI 0720463-9

**(22) Data do Depósito:** 13/12/2007

**(43) Data da Publicação do Pedido:** 19/06/2008

**(51) Classificação Internacional:** F16L 13/02; F16L 58/18; B23K 37/053.

**(30) Prioridade Unionista:** IT MI2006A002402 de 14/12/2006.

**(54) Título:** MÉTODO DE UNIÃO DE DUTOS E APARELHO PARA PRODUZIR DUTOS SUBMARINOS, E EMBARCAÇÃO DE LANÇAMENTO DE DUTOS SUBMARINOS COMPREENDENDO TAL APARELHO

**(73) Titular:** SAIPEM S.P.A., Companhia Italiana. Endereço: Via Martiri Di Cefalonia 67, I-20097 San Donato Milanese, ITÁLIA(IT)

**(72) Inventor:** SERAFINO CITTADINI BELLINI.

**Prazo de Validade:** 10 (dez) anos contados a partir de 18/12/2018, observadas as condições legais

**Expedida em:** 18/12/2018

Assinado digitalmente por:  
**Liane Elizabeth Caldeira Lage**  
Diretora de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**MÉTODO DE UNIÃO DE DUTOS E APARELHO PARA PRODUZIR DUTOS SUBMARINOS, E EMBARCAÇÃO DE LANÇAMENTO DE DUTOS SUBMARINOS COMPREENDENDO TAL APARELHO**".

### **CAMPO TÉCNICO**

[001] A presente invenção diz respeito a um método de união de dutos para a produção de um duto submarino.

[002] O método de acordo com a presente invenção compreende soldar as extremidades livres em contato de dois dutos adjacentes, alinhadas ao longo de um eixo geométrico, para formar uma parte de junção anular conhecida como rebaixo; e aplicar uma camada protetora em volta do rebaixo.

### **ESTADO DA TÉCNICA**

[003] Os dutos submarinos compreendem uma série de dutos unidos por comprimentos totais de centenas de quilômetros. Os dutos normalmente têm um comprimento padrão de 12 metros, e diâmetros relativamente grandes variando entre 0,2 e 1,5 metro, e cada um deles compreende um cilindro de aço; um primeiro revestimento de material polimérico para proteger o duto de aço; e possivelmente, um segundo revestimento de concreto projetado ou cimento para reduzir o peso do duto. Em algumas aplicações, os dutos e os dutos submarinos não precisam, e, portanto, não possuem um segundo revestimento.

[004] Para soldar os cilindros de aço um no outro, as extremidades livres opostas de cada duto não possuem o primeiro ou o segundo revestimento. Os dutos são unidos em instalações terrestres, formando vários dutos de comprimento padrão, bem como em embarcações de lançamento de dutos, em que os dutos de comprimento padrão ou comprimento padrão múltiplo são unidos uns aos outros, que já foram unidos a outros dutos, para formar parte do duto submarino.

[005] A operação real de união compreende soldar os cilindros de aço, normalmente em uma série de passes de solda, e conectar o primeiro, e possivelmente, o segundo revestimento. Após uma solda anular ser formada entre dois cilindros de aço, um rebaixo sem nenhum primeiro ou segundo revestimento estendendo-se transversalmente pela solda, é definido substancialmente pelas extremidades livres dos dutos, estende-se axialmente entre duas partes de extremidade do primeiro revestimento, e deve ser revestido com material protetor.

[006] O revestimento protetor do rebaixo é conhecido como "revestimento de junção em campo" e compreende revestir o rebaixo com três camadas para assegurar a proteção e adesão das camadas aos cilindros de aço. Mais especificamente, o revestimento protetor do rebaixo compreende aquecer, por exemplo, aquecer por indução, o rebaixo a 250° C; pulverizar o rebaixo com resina de epóxi em pó (FBE -Epóxi Unido por Fusão), que, em contato com o rebaixo, forma uma primeira camada relativamente fina ou "base"; pulverizar o rebaixo, sobre a primeira camada, com um copolímero modificado, que atua como adesivo e, em contato com a primeira camada, forma uma segunda camada relativamente fina; aplicar a terceira camada, chamada de "camada superior"; e então conectar em ponte a segunda camada, se necessário.

[007] A soldagem, o teste de solda não-destrutivo e a ligação em ponte da primeira e segunda camadas são realizados em estações de união igualmente espaçadas ao longo da extensão dos dutos (ou da linha de dutos sendo formada, quando os dutos forem unidos a ela). Os dutos são, portanto, avançados em etapas, e são parados em cada estação de união por um período de tempo determinado pela operação mais longa que, no momento, é a de aplicar a terceira camada (superior).

[008] Os métodos conhecidos atualmente empregados para aplicar a terceira camada incluem:

- "enrolamento de cigarro", que compreende aquecer, enrolar e comprimir uma série de folhas finas de material polimérico ao redor do rebaixo, sobre a segunda camada adesiva;
- "enrolamento em espiral", que compreende aquecer, enrolar duas vezes e comprimir uma tira em volta do rebaixo, sobre a segunda camada;
- "pulverização a quente", usando uma pistola pulverizadora quente para derreter e pulverizar o polímero;
- encaixar um molde sobre o rebaixo, e injetar polímero líquido sobre o rebaixo, sobre a segunda camada;
- preparar uma tira de polímero contendo uma camada protetora externa termocontrátil (terceira camada) e uma camada interna adesiva (segunda camada); termocontrair a tira; e fundir a camada interna adesiva de modo que a tira se adira firmemente à primeira camada. Esse último método difere dos métodos anteriores pela aplicação simultânea da segunda e terceira camadas.

[009] O documento US2005/0244578 revela um sistema e um método para revestimento de junta de campo sem indicar como aplicar o referido revestimento.

[010] O documento US 6,065,781 revela um método e um aparelho para proteger a área de solda de um tubo revestido com poliolefina ao mesmo tempo que descreve a rotação de um duto se aproximando de uma extrusora fixa.

[011] O documento DE 10056648 revela um método e um sistema para a extrusão de uma tira de material polimérico ao redor de um duto por meio de rotação posterior.

[012] O documento US20030141011 revela um aparelho para revestimento de dutos o qual inclui meios de aquecimento para a aplicação da camada de revestimento.

[013] O documento WO2005063465 revela um duto plástico compreendendo pelo menos um ponto de conexão para a conexão a um segundo duto plástico. Ademais, um reforço é aplicado para vedação.

[014] O documento GB2285592 revela um aparelho para revestimento de dutos não rotativos. A estrutura é livre para girar 360° de modo que o próprio duto não precise realizar movimento rotativo.

[015] O documento US6352388 revela uma embarcação para lançamento de duto submarino equipada com aparelho para o assentamento de dutos, compreendendo meios de manipulação dos dutos e uma estação para conexão das extremidades do duto.

[016] Todos os métodos anteriores de aplicação da terceira camada são extremamente lentos. Mais especificamente, o revestimento de grandes reduções, como o de um cilindro de aço de aproximadamente 1,2 metro de diâmetro (48 polegadas), exige a aplicação de uma terceira camada relativamente longa, que, em adição, pode chegar a ter 5 mm de espessura e 400 mm de largura. Em outras palavras, uma vez que, na maioria dos casos, a massa do material polimérico a ser aplicado para formar a terceira camada é relativamente considerável, e a terceira camada deve ser suficientemente plástica, quando aplicada, para obter a adesão química/mecânica eficaz à segunda camada, os métodos conhecidos para aplicação da terceira camada não permitem uma redução satisfatória no tempo de revestimento.

### **REVELAÇÃO DA INVENÇÃO**

[017] Um dos objetivos da presente invenção é propor um método de união de dutos para produzir um duto submarino, que compreende aplicar uma camada protetora em volta do rebaixo a fim de eliminar as desvantagens do estado da técnica.

[018] De acordo com a presente invenção, propõe-se um método de união de dutos para produzir um duto submarino, que compreende enrolar uma camada protetora ao redor de

um rebaixo entre dois dutos soldados; simultaneamente extruda-se a camada protetora ao redor do rebaixo a partir de uma saída de extrusão voltada para o rebaixo e próxima dele; a camada protetora é comprimida sobre o rebaixo a jusante da saída de extrusão por meio de um rolo; ao mesmo tempo, gira-se uma extrusora e um rolo ao redor do rebaixo.

[019] A extrusão da camada protetora próximo ao rebaixo significa que ela pode ser aplicada ao rebaixo estando ainda no estado plástico e a uma temperatura tal que possibilita adesão melhor e relativamente rápida às camadas subjacentes e à primeira camada. Além disso, a temperatura uniforme ao longo de toda a camada protetora significa que todo o rebaixo pode ser revestido com uma única camada protetora extrudada até uma espessura adequada. A compressão da camada protetora a jusante da saída de extrusão melhora a aderência e a conformidade da camada de proteção ao rebaixo.

[020] A presente invenção também diz respeito a um aparelho de união de dutos para a produção de dutos submarinos.

[021] De acordo com a presente invenção, propõe-se um aparelho de união de dutos para produzir um duto submarino; o aparelho compreendendo pelo menos uma unidade de revestimento para enrolar uma camada protetora ao redor de um rebaixo e compreendendo uma extrusora incluindo uma saída de extrusão voltada para o rebaixo e próxima ao rebaixo para extrudar a camada protetora na estação de união, próximo ao rebaixo e simultaneamente enrolando a camada protetora sobre o rebaixo; um rolo para comprimir a camada protetora no rebaixo a jusante da saída de extrusão; e meios para girar a saída de extrusão e o rolo ao redor do eixo, mantendo a saída de extrusão voltada e próxima do rebaixo até envolvê-lo por completo com camada protetora.

[022] A presente invenção também se refere a uma embarcação de lançamento de duto submarino.

[023] De acordo com a presente invenção, propõe-se uma embarcação para lançamento de dutos submarinos, e compreendendo um aparelho de união de dutos conforme reivindicado.

### **BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS**

[024] Será descrita uma concretização não-limitante da presente invenção a título exemplificativo com referência aos desenhos em anexo, nos quais:

[025] A Figura 1 mostra uma vista lateral, com partes removidas em prol da clareza, de uma embarcação de lançamento de dutos implementando o método de união de dutos de acordo com a presente invenção;

[026] As Figuras 2 e 3 mostram seções, com partes removidas em prol da clareza, de dutos em vários estágios de união;

[027] As Figuras 4 a 7 mostram seções em escala ampliada com partes removidas em prol da clareza, de dutos em estágios de união adicionais;

[028] A Figura 8 mostra uma vista lateral, com partes em seção e partes removidas em prol da clareza, de um aparelho de união de dutos de acordo com a presente invenção;

[029] A Figura 9 mostra uma seção transversal, com partes em seção e partes removidas em prol da clareza, ao longo da linha IX-IX do aparelho de união de dutos da Figura 8;

[030] A Figura 10 mostra uma vista plana em escala maior, com partes removidas em prol da clareza, de uma parte componente do aparelho de união de dutos da Figura 9.

### **MELHOR MODO PARA REALIZAÇÃO DA INVENÇÃO**

[031] O Número 1 na Figura 1 indica uma embarcação de lançamento de dutos no processo de produção e lançamento no mar (SL indica o nível do mar) um duto submarino (2) compreendendo dutos (3) unidos um ao outro. A embarcação (1) compreende cascos (4); um túnel sobre a água (5); uma rampa interna parcialmente sobre a água (6); uma rampa externa submarina (7); e uma linha de operação (10) que se estende ao longo do túnel (5) e da parte da rampa interna (6) localizada sobre a água.

[032] O duto submarino parcialmente formado (2) e os dutos (3) prontos para serem unidos a ele se estendem ao longo de um eixo geométrico (A) da linha de operação (10), que compreende uma série de estações de união (11) igualmente espaçadas ao longo do eixo geométrico (A), e cada um para realizar uma determinada operação, tal como soldagem, teste não-destrutivo ou ligação em ponte de um revestimento.

[033] A distância entre as estações de união adjacentes (11) é igual ao comprimento padrão, de cerca de 12 metros, de cada duto (3), ou um múltiplo do comprimento padrão, ao unir, ao longo da linha (10), vários dutos de comprimento padrão (3) previamente unidos em instalações terrestres ou fora da linha na embarcação.

[034] Com referência à Figura 2, cada duto (3) compreende um cilindro de aço (12); um primeiro revestimento (13), normalmente de polietileno ou polipropileno, em contato com o cilindro de aço (12) para tomá-lo à prova de corrosão; e um segundo revestimento (14) de concreto projetado ou cimento para reduzir o peso do duto submarino (2).

[035] Em uma concretização alternativa, não ilustrada, os dutos não possuem um segundo revestimento.

[036] Cada duto (3) tem duas extremidades livres opostas (15) (apenas uma sendo ilustrada nas Figuras 2 a 6) sem nenhum primeiro revestimento (13) e nenhum segundo revestimento (14); e o primeiro revestimento (13) tem um bisel (16) em cada extremidade livre (15).

[037] Dois dutos consecutivos (3), alinhados ao longo do eixo geométrico (A) (Figura 2), são posicionados com as extremidades livres (15) paralelas, voltadas uma para a outra e perto uma da outra, sendo então soldadas - possivelmente em uma série de passes de solda em estações de união sucessivas (11) - para formar um cordão de solda anular (17) entre os dutos (3) (Figura 3). Com referência à Figura 3, dois dutos soldados (3) formam um rebaixo (18) estendendo-se ao longo do eixo geométrico (A), entre dois biseis sucessivos (16) do primeiro revestimento (13), e ao longo (20) do cordão de solda anular (17).

[038] Além de soldar os cilindros (12), a união dos dutos (3) também compreende ligar em ponte o primeiro revestimento (13) e o segundo revestimento (14). A ligação em ponte do primeiro revestimento (13) compreende o tratamento de superfície (martelamento por golpes) do rebaixo (18); o aquecimento por indução do rebaixo (18) a 250°C; e a aplicação de uma primeira camada (19), uma segunda camada (20) e uma terceira camada (21) de material polimérico ao rebaixo (18) em sucessão rápida.

[039] Com referência à Figura 4, a primeira camada (19) tem 100 a 500 micra de espessura, e é feita de resina epóxi (FBE : Epóxi Unido por Fusão) aplicada ao rebaixo (18) na forma em pó usando uma pistola pulverizadora, não ilustrada nos desenhos.

[040] Com referência à Figura 5, a segunda camada (20) tem de 100 a 500 micra de espessura, e é feita de um copolímero modificado, normalmente CMPE ou CMPP, aplicado na forma em pó ao redor do rebaixo (18), sobre a primeira camada (19), usando uma pistola pulverizadora, não ilustrada nos desenhos.

[041] Com referência à Figura 6, a terceira camada (21) tem de 2 a 5 mm de espessura, é feita de um copolímero modificado, normalmente CMPE ou CMPP, aplicado envolvendo uma única camada protetora (22) de copolímero modificado em volta do rebaixo (18) em uma estação de união (11), e é suficientemente larga para sobrepor o primeiro revestimento (13). Na estação (11), a camada protetora (22) é extrudada diretamente, próximo ao rebaixo (18), a partir de um copolímero pastoso, e é envolvida ao redor do rebaixo (18). Mais especificamente, a camada protetora (22) é vantajosamente extrudada

e envolvida ao redor do rebaixo (18) simultaneamente, e é extrudada com espessura suficiente para ligar em ponte o primeiro revestimento (13) até sua espessura original em apenas um passe. Isso significa um giro de 360°, que, por segurança, é estendido a 365° para sobrepor as extremidades livres da camada protetora (22). A aplicação da terceira camada (21) também compreende pressionar a camada protetora (22) sobre o rebaixo (18) para obter a adesão química e mecânica entre a terceira camada (21) e a segunda camada (20), e entre a terceira camada (21) e a primeira camada (13) subjacente.

[042] Mais especificamente, a camada protetora (22) vantajosamente também é pressionada simultaneamente à medida que é extrudada e envolvida.

[043] Em seguida, o segundo revestimento (14) é ligado em ponte pela aplicação de uma camada C de betume ou resina, como mostra a Figura 7.

[044] Com referência à Figura 1, a embarcação (1) compreende um aparelho de união de dutos (23) para unir os dutos (3), e que compreende três unidades de soldagem (S) nas respectivas estações de união (11); uma unidade de revestimento (24) (Figura 8) para aplicar a terceira camada (22) em uma estação de união (11); e uma unidade de plastificação (25) (Figura 8) próxima à unidade de revestimento (24).

[045] Com referência à Figura 8, a unidade de revestimento (24) aplica a terceira camada (21) de acordo com o método descrito, que, de preferência, compreende extrudar, envolver e pressionar simultaneamente a camada protetora (22) em volta do rebaixo (18).

[046] Na Figura 8, os dutos (3) são suportados e guiados por cilindros (26), por sua vez suportados por montantes (28) fixos no túnel (5). Como alternativa, os montantes (27) podem se apoiar na rampa externa (6) (Figura 1).

[047] A unidade de plastificação (25) plastifica o polímero, originalmente na forma de grânulos ou flocos, é fixada no túnel (5) por um membro estrutural (28), e compreende um depósito alimentador (29), uma extrusora monorosca (30) e um bico injetor (31).

[048] A unidade de revestimento (24) compreende trilhos (32) fixados no túnel (5); um carro (33) deslizando, paralelo ao eixo geométrico (A), ao longo de trilhos (32); um trilho adicional (34) formado no carro (32); e uma roda (35) suportada no trilho (34) e girando ao redor de um respectivo eixo geométrico (A1) que coincide substancialmente com o eixo geométrico (A) do duto submarino (2).

[049] A unidade de revestimento (24) compreende uma extrusora (36) e um cilindro (37), ambos suportados pela roda (35). A extrusora (36) compreende uma saída (38) para formar a camada protetora (22), e uma entrada (39) pela qual é alimentado o polímero líquido ou pastoso a partir da unidade de plastificação (25) para a unidade de revestimento (24), e é posicionada com a saída (38) voltada para o rebaixo (18) e próximo dele. A distância entre a saída (38) e a segunda camada (20) é geralmente igual à espessura da terceira camada (21) a ser aplicada. A posição radial da extrusora (36) em relação ao eixo geométrico (A1) é ajustável por meio de um dispositivo alimentado, não ilustrado nos desenhos, para ajustar e obter a melhor distância entre a saída (38) e a segunda camada (20); e a extrusora (36) pode ser inclinada para adaptar sua posição em relação ao rebaixo (18), no caso de o eixo geométrico (A1) e o eixo geométrico (A) não coincidirem perfeitamente.

[050] A roda (35) compreende dois anéis (40) separados por espaçadores (41) igualmente espaçados ao redor do eixo geométrico (A1); e duas placas opostas, voltadas uma para a outra (42) (Figura 9) para suportar a extrusora (36).

[051] Com referência à Figura 9, a extrusora (36) é montada de forma a deslizar em relação às placas (42) e radialmente em relação ao eixo geométrico (A1), e é seletivamente ajustável em relação ao eixo geométrico (A1). O cilindro (37) é suportado por um membro (43) fixado de forma ajustável na extrusora (36) para ajustar a posição do cilindro (37) em relação à saída (38). O membro (43) compreende uma mola (44) para exercer pressão sobre o cilindro (37) ao aplicar a camada protetora (22); e o cilindro (37) é preferencialmente dividido em uma série de partes independentes para comprimir

efetivamente tanto a parte da camada protetora (22) sobre o rebaixo (18) quanto as partes da camada protetora sobrepondo o primeiro revestimento (13).

[052] A extrusora (36) compreende um tanque (45), que surge de dentro da saída (38) e é alimentado através da entrada (39); um pistão (46), que desliza dentro do tanque (45); uma haste (47) fixa no pistão (46); e um atuador (48) para mover a haste (47) e o pistão (46) de um lado para o outro dentro do tanque (45), em direção à saída (38) ao extrudar a camada protetora (22), e na direção oposta quando a extrusão estiver completa.

[053] A unidade de revestimento (24) compreende um atuador (49) para girar a roda (35) ao redor do eixo geométrico (A1); e um atuador (50) para mover o carro (33) paralelo ao eixo geométrico (A), e, dessa forma, mover a roda (35) e a extrusora (36) ao longo dos trilhos (32) para seletivamente ajustar a extrusora (36) para uma posição de alimentação (ilustrada pela linha pontilhada na Figura 8), na qual o bico injetor (31) da unidade de plastificação (25) é conectado à entrada (39) da unidade de revestimento, e uma posição de revestimento (ilustrada pela linha contínua na Figura 8), na qual a saída (38) está localizada em estreita proximidade com o rebaixo (18).

[054] Os atuadores (48), (49), (50) são, de preferência, eletromecânicos, que são preferidos em vez dos atuadores hidráulicos ou pneumáticos por não exigirem condutos que poderiam impedir o movimento da unidade de revestimento (24), e por alimentarem as partes por meio de contatos deslizantes, não ilustrados nos desenhos. Mecanicamente, os atuadores (48), (49), (50) podem ser definidos por acoplamentos de roda dentada/cremalheira, roda dentada/engrenagem e parafuso/porca.

[055] Com referência à Figura 9, o tanque (45) compreende paredes laterais (51); paredes de extremidade (52); e elementos de aquecimento (53) para manter uma temperatura que permite a extrusão da camada protetora (22) e promove a adesão da camada protetora (22) à segunda camada (20).

[056] Com referência à Figura 10, a saída (38) é delimitada por duas placas (54) perpendiculares às paredes de extremidade (52) e por dois corpos prismáticos (55) retidos entre as placas (54), e, portanto, tem uma seção transversal de fluxo (56) de altura H definida pela distância entre as placas (54), e de largura L definida pela distância entre os corpos prismáticos (55).

[057] Os corpos prismáticos (55) são retidos de forma passível de liberação entre as placas (54) para ajustar a distância entre os corpos prismáticos (55) e a largura L da seção transversal do fluxo (56).

[058] A distância entre as paredes de extremidade (52) também pode ser ajustada mediante a inserção de corpos prismáticos (55) de espessura diferente para ajustar a altura H da seção transversal do fluxo (56). Esses ajustes possibilitam ajustar a espessura e a largura da camada protetora (22) até o tamanho do rebaixo (18). Em uma concretização, não ilustrada, os corpos prismáticos são chanfrados para formar uma camada protetora (22) com bordas laterais chanfradas.

[059] Com referência à Figura 8, o aparelho de união de dutos (23) compreende uma unidade de controle (57) para controlar o movimento do duto submarino (2) em relação às estações de união (11), os movimentos e a operação da unidade de revestimento (24), e a operação da unidade de plastificação (25). Mais especificamente, a unidade de controle (57) coordena a velocidade de rotação  $V_r$  da roda (35), ao aplicar a camada protetora (22), com a velocidade de deslocamento  $V_p$  do pistão (46) no estágio de extrusão, em que a velocidade do pistão  $V_p$  está relacionada à velocidade de extrusão da camada protetora (22). A razão entre a velocidade da roda  $V_r$  e a velocidade do pistão  $V_p$  (equivalente à velocidade de extrusão da camada protetora (22)) deve ser de tal forma a evitar o "estiramento" (velocidade de rotação  $V_r$  extremamente rápida em relação à velocidade do pistão  $V_p$ ) ou o "dobramento" (velocidade de rotação  $V_r$  muito lenta em relação à velocidade do pistão  $V_p$ ) da camada protetora (22) à medida que é aplicada.

[060] O estiramento da camada protetora (22) pode ser útil no estágio final para remover a camada protetora (22) da saída (38).

[061] No uso real, e com referência à Figura 1, a embarcação (1) avança em etapas para alimentar as extremidades livres (15) dos dutos (3) ou rebaixos (18) para as estações de união (11), e para quando os rebaixos (18) estão localizados nas estações de união (11). O aparelho de união de dutos (23) está localizado na estação de união (11), onde a terceira camada (21) é formada. Com referência à Figura 8, a unidade de revestimento (24) é conectada à unidade de plastificação de polímero (25) à medida que a embarcação (1) avança, e, quando a embarcação (1) para, está localizada ao redor de um rebaixo (18), ao qual a primeira camada (19) e a segunda camada (20) foram aplicadas da maneira conhecida. O pistão (46) é movido para frente em direção à saída (38) para expelir o polímero plástico através da saída (38) e forma gradualmente a camada protetora (22). Ao mesmo tempo, a roda (35) é girada ao redor do eixo geométrico (A1), que, na estação de união (11), coincide com o eixo geométrico (A) do duto submarino (2). A velocidade de deslocamento do pistão (46) é sincronizada com a velocidade de rotação da roda (35) para aplicar a camada protetora (22) uniformemente à medida que é extrudada. À medida que é envolvida, a camada protetora (22) - ou, em vez disso, a parte da camada protetora (22) que acabou de sair da saída (38), é comprimida simultaneamente pelo cilindro (37) localizado próximo e a jusante da saída (38) na direção de rotação da roda (35). A roda (35) e a extrusora (36) efetuam um giro completo de 360°, mais aproximadamente 5° adicionais para sobrepor as extremidades opostas da camada protetora (22). No estágio de rotação e sobreposição, a extrusão pode ser interrompida ou reduzida para “estirar” a camada protetora (22) e reduzir a espessura da extremidade sobreposta para separar a camada protetora (22) da saída (38).

[062] Após a camada protetora (22) ser envolvida e pressionada, a extrusora (36) é movida de volta para a posição de alimentação, e o rebaixo (18) é alimentado para a próxima estação de união (11), onde o revestimento externo (14) é ligado em ponte pela aplicação de betume ou camada de resina (C) da maneira conhecida (Figura 6)

[063] A presente invenção tem numerosas vantagens, sendo uma delas o tempo considerável economizado na produção da terceira camada (21) - ou, falando de forma mais geral, uma camada espessa à temperatura de revestimento ideal – pela simples extrusão da camada protetora (22) no local.

[064] Outra vantagem consiste na extrusão e enrolamento simultâneos da camada protetora (22) sobre o rebaixo (18). Além do mais, a camada protetora (22) é comprimida ao mesmo tempo em que é extrudada e envolvida; e o método e aparelho de união de dutos (23) descritos permitem diversos ajustes, que tornam a invenção altamente versátil.

[065] Evidentemente, o aparelho de união de dutos (23) pode ser produzido em uma série de variações, nas quais:

a) a unidade de plastificação (25) é móvel para alimentar a unidade de revestimento (24), em vez da unidade de revestimento (24) se mover para a unidade de plastificação e para longe dela;

b) tanto a unidade de revestimento (24) quanto a unidade de plastificação (25) são fixas, e conectada por um tubo, não ilustrado nos desenhos, conectável seletivamente à unidade de revestimento (24).

[066] Em outra variação, não ilustrada nos desenhos, a roda (35) é suportada para rotação por duas mandíbulas ou correias conectáveis ao duto submarino (2), em lados opostos do rebaixo (18).

[067] Embora a descrição anterior se refira especificamente ao aparelho (23) instalado na embarcação (1), o aparelho (23) pode, evidentemente, formar parte de uma instalação terrestre para unir dutos de comprimento padrão (3) em vários

duto de comprimento padrão (3), que são unidos para formar dutos submarinos (2) em uma embarcação para unir vários dutos de comprimento padrão (3).

## REIVINDICAÇÕES

- 1) Método de união de dutos (3) para produzir um duto submarino (2) **caracterizado por** compreender um método de enrolar uma camada protetora (22) ao redor de um rebaixo (18) entre dois dutos soldados (3); simultaneamente extrudar a camada protetora (22) próximo ao rebaixo (18) a partir de uma saída de extrusão (38) voltada para o rebaixo (18) e próxima dele; comprimindo a camada protetora (22) sobre o rebaixo (18) a jusante da saída de extrusão (38) por meio de um rolo (37); e girar a extrusora (36) e o rolo (37) ao redor do rebaixo (18).
- 2) Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** girar a saída de extrusão (38) ao redor do eixo geométrico (A) e manter a saída de extrusão (38) voltada para o rebaixo (18) e próxima dele de modo a cobrir todo o rebaixo (18) com a camada protetora (22).
- 3) Método, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado por** ajustar a velocidade de extrusão ( $V_p$ ) e a velocidade de rotação ( $V_r$ ) da saída de extrusão(38) em função uma da outra.
- 4) Método, de acordo com uma das reivindicações 1 a 3, **caracterizado por** ajustar seletivamente a seção transversal de fluxo (56) da saída de extrusão (38).
- 5) Método, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado por** seletivamente ajustar a largura (L) da saída de extrusão (38) para definir a largura da camada protetora (22).
- 6) Método, de acordo com a reivindicação 4 ou 5, **caracterizado por** ajustar a altura (H) da saída de extrusão (38) para definir a espessura da camada protetora (22).

- 7) Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 6, **caracterizado por** alimentar a extrusora (36) com material plástico pastoso.
- 8) Método, de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado por** plastificar o material plástico em uma unidade de plastificação (25) e seletivamente conectar a unidade de plastificação (25) à extrusora (36).
- 9) Método, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado por** transladar a extrusora (36) ao longo do eixo geométrico (A).
- 10) Método, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado por** ajustar a posição da extrusora (36) em relação ao referido rebaixo (18).
- 11) Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado pelo fato** de que cada duto (3) compreende um cilindro de metal (12) com um primeiro revestimento (13), e duas extremidades livres (15) sem o primeiro revestimento; cada extremidade livre (15) soldada na extremidade livre (15) de um duto adjacente (3) formando um rebaixo (18).
- 12) Método, de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado pelo fato** de que cada duto (3) compreende um segundo revestimento (14) sobre o primeiro revestimento (13).
- 13) Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado pelo fato** de que a referida camada protetora (22) é feita de polímero de polietileno ou polipropileno.
- 14) Aparelho para união de tubos (3) para produzir um duto submarino (2); o aparelho (23) é **caracterizado por** compreender uma unidade de revestimento (24) para enrolar uma camada protetora (22) em torno de rebaixo (18) e compreende uma extrusora (36) incluindo uma saída de extrusão (38) voltada para o rebaixo (18) e próxima dele para extrudar a camada protetora (22) em uma estação de união (11),

próxima ao rebaixo (18) e simultaneamente enrolando a camada protetora (22) sobre o rebaixo (18); um rolo (37) para comprimir a camada protetora (22) ao redor do rebaixo (18) a jusante da saída de extrusão (38) e meios (34, 35, 49) para a rotação da saída de extrusão (38) e do rolo (37) ao longo do eixo geométrico (A), e mantendo a saída de extrusão (38) voltada para o rebaixo e próxima dele até cobrir todo o rebaixo (18) com a camada protetora (22).

- 15) Aparelho, de acordo com a reivindicação 14, **caracterizado por** compreender uma unidade de controle (57) para ajustar a velocidade de extrusão ( $V_p$ ) e a velocidade de rotação ( $V_r$ ) da saída de extrusão (38) em função uma da outra.
- 16) Aparelho, de acordo com uma das reivindicações 14 ou 15, **caracterizado pelo** fato de que a saída de extrusão (38) tem uma seção transversal de fluxo (56) seletivamente ajustável.
- 17) Aparelho, de acordo com a reivindicação 16, **caracterizado pelo** fato de que a seção transversal de fluxo (56) é de uma largura (L) seletivamente ajustável.
- 18) Aparelho, de acordo com a reivindicação 16 ou 17, **caracterizado pelo** fato de que a seção transversal de fluxo (56) é de uma altura (H) seletivamente ajustável.
- 19) Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 14 a 18, **caracterizado pelo** fato de que a extrusora (36) compreende uma entrada (39) pela qual é alimentado material plástico pastoso à extrusora (36).
- 20) Aparelho, de acordo com a reivindicação 19, **caracterizado por** compreender uma unidade de plastificação (25) para plastificar o material plástico, e que é conectável seletivamente à entrada (39) para transferir o material plástico plastificado à extrusora (36).
- 21) Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 14 a 20, **caracterizado pelo** fato de que a unidade de revestimento (24) compreende um carro (33) que

corre ao longo do eixo geométrico (A) para mover a extrusora (36) ao longo do eixo geométrico (A).

- 22) Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 14 a 21, **caracterizado pelo** fato de que o cilindro (37) é encaixado na extrusora (36) para comprimir a camada protetora (22) simultaneamente à aplicação da camada protetora (22).
- 23) Embarcação para lançamento de duto submarino, **caracterizada por** compreender um aparelho de união de dutos (23) de acordo com qualquer uma das reivindicações de 14 a 22.
- 24) Embarcação, de acordo com a reivindicação 23, **caracterizada por** compreender uma linha de operação (10) contendo uma série de estações de união (11) igualmente espaçadas ao longo da linha de operação (10); a referida embarcação (1) avançando em etapas para posicionar um rebaixo (18) em cada estação de união (11).

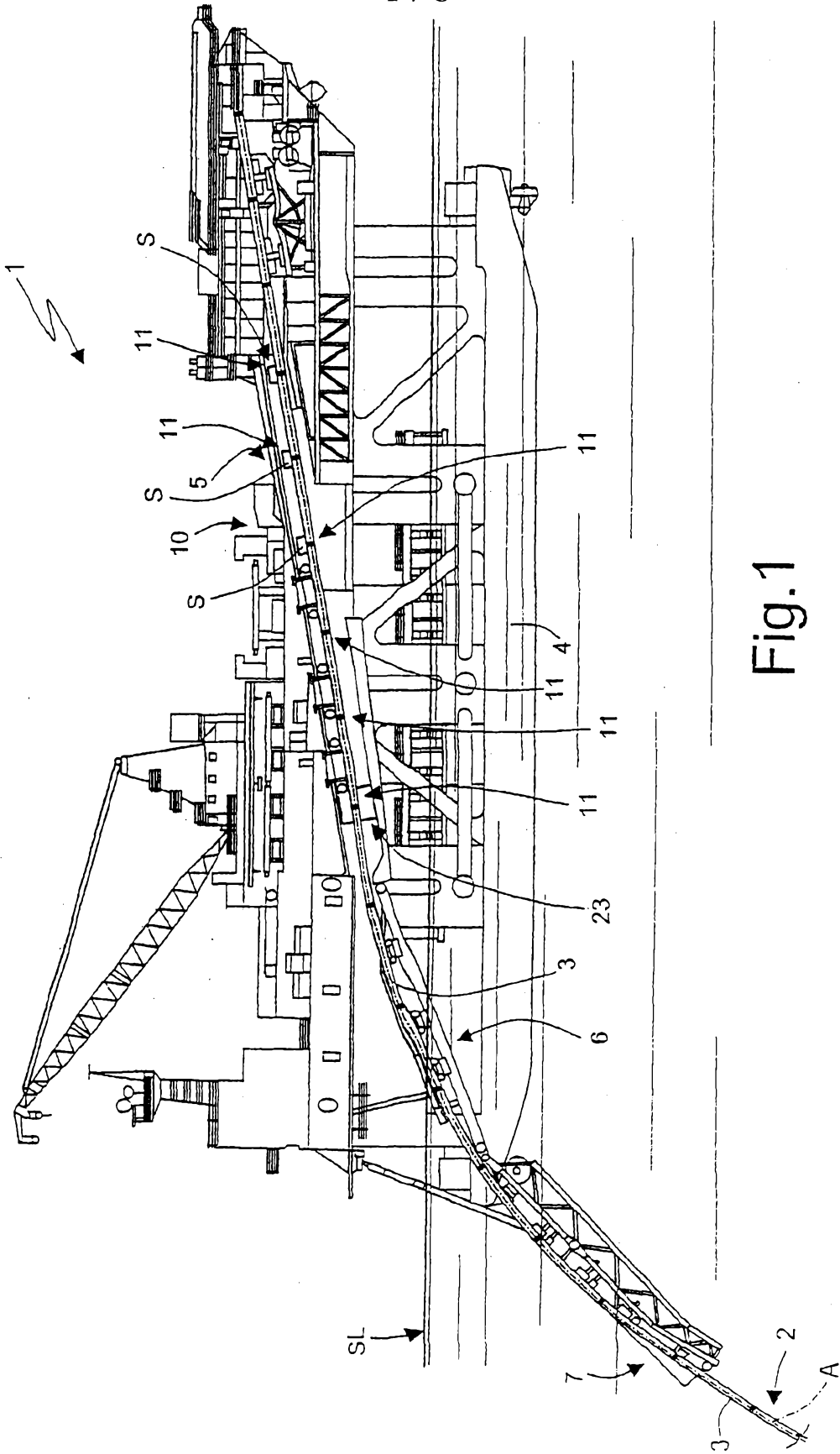


Fig.1

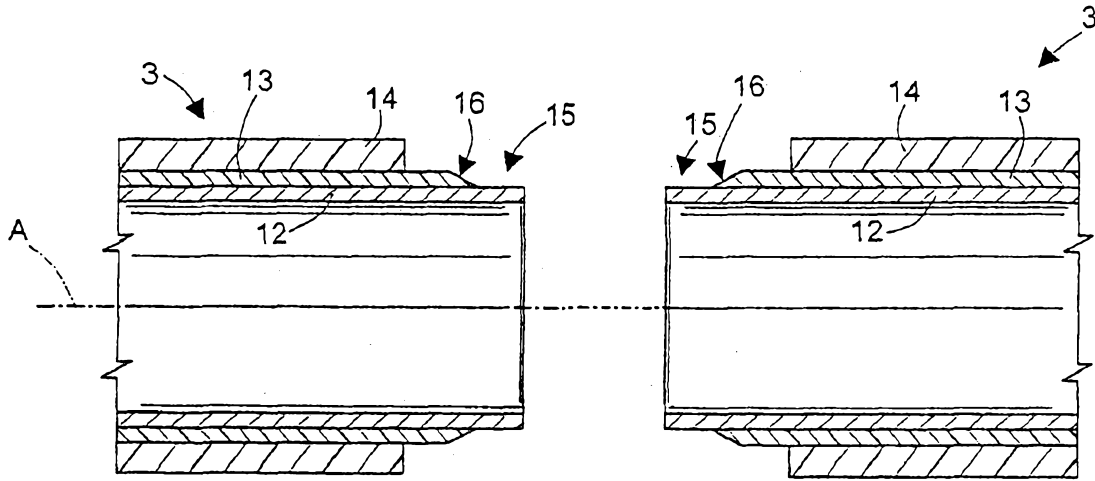


Fig.2

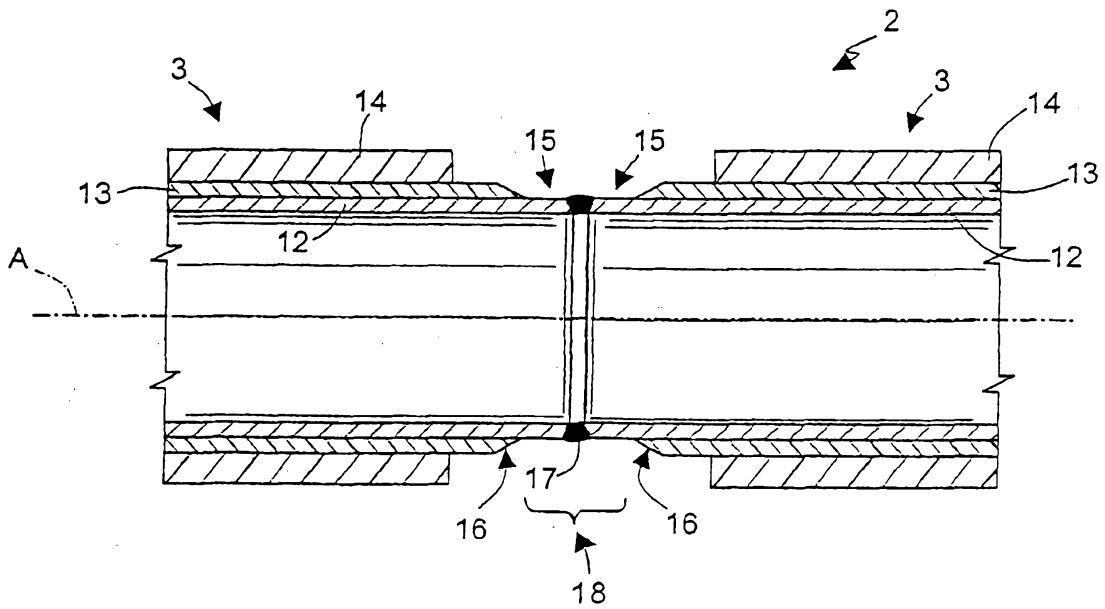


Fig.3

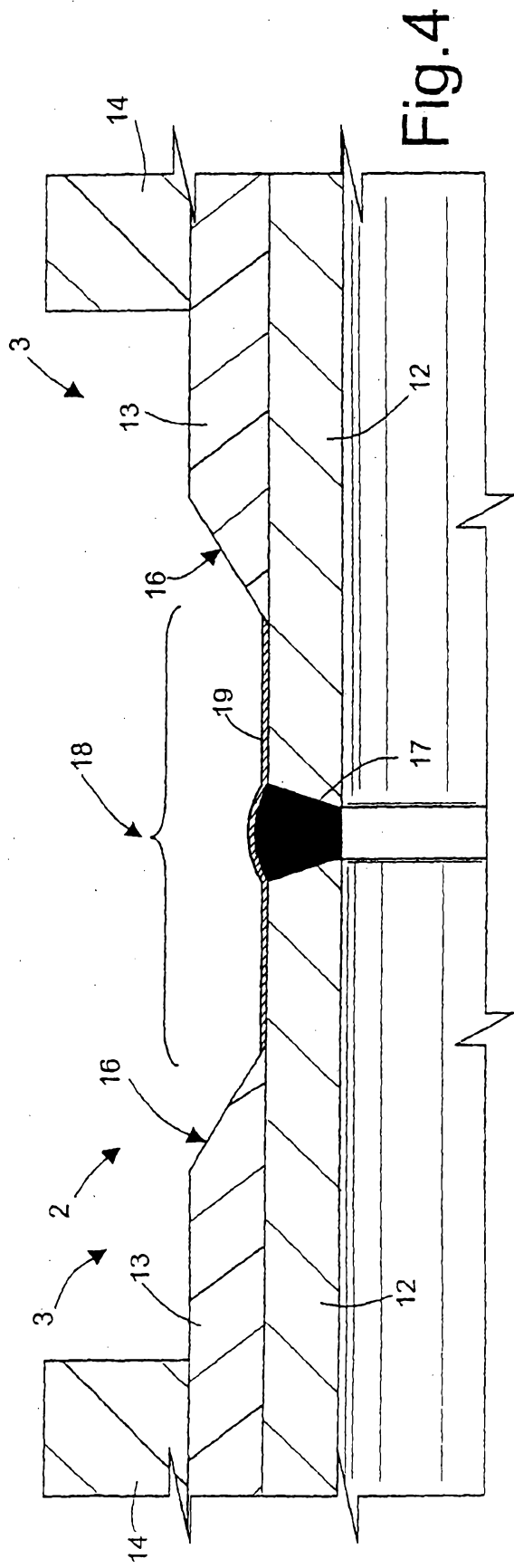


Fig. 4

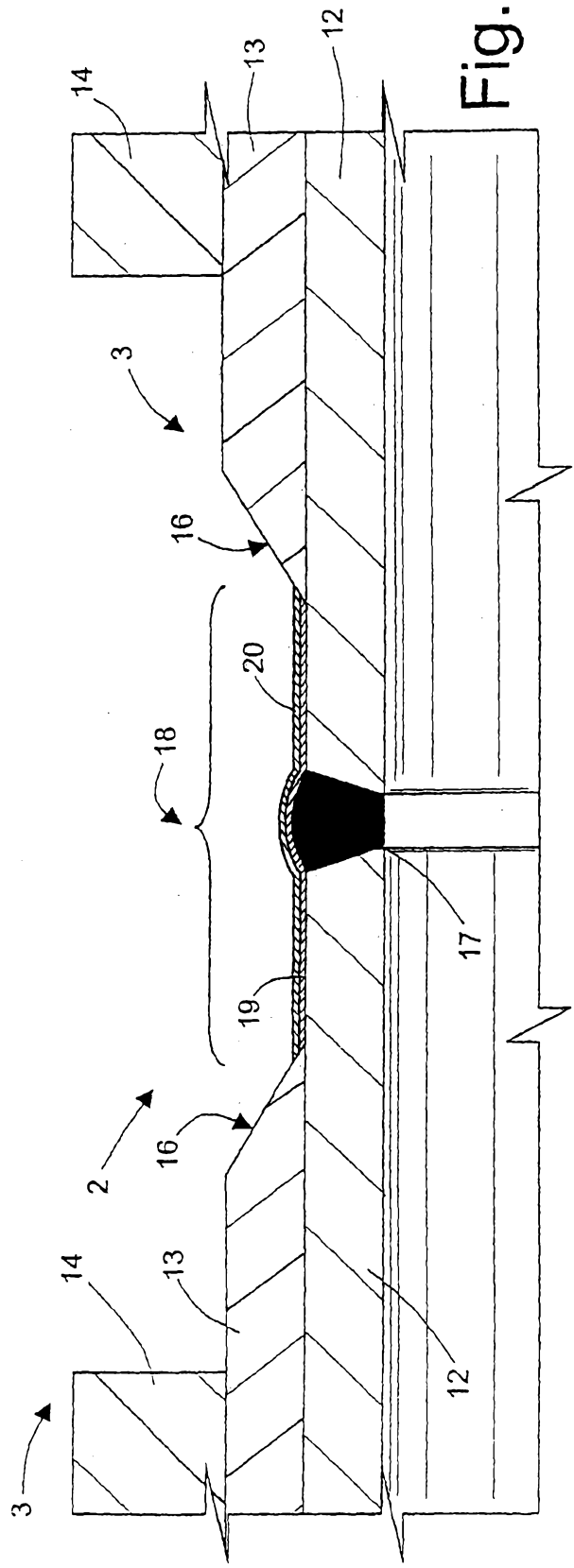


Fig. 5

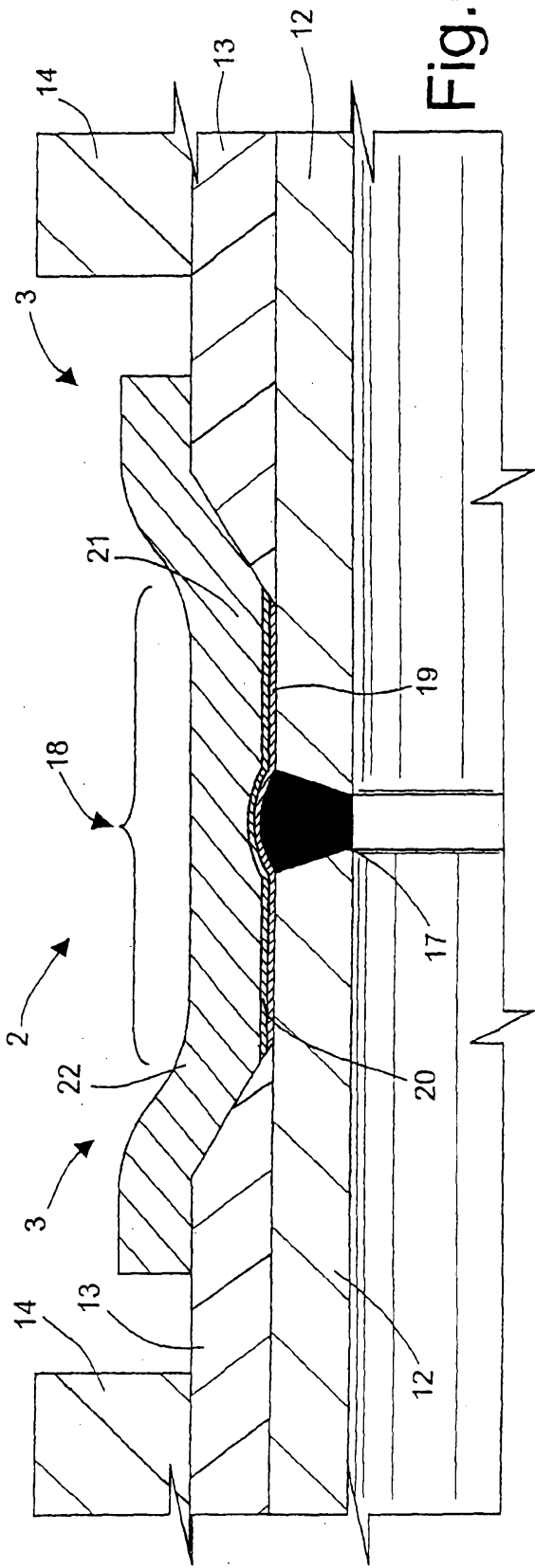


Fig. 6

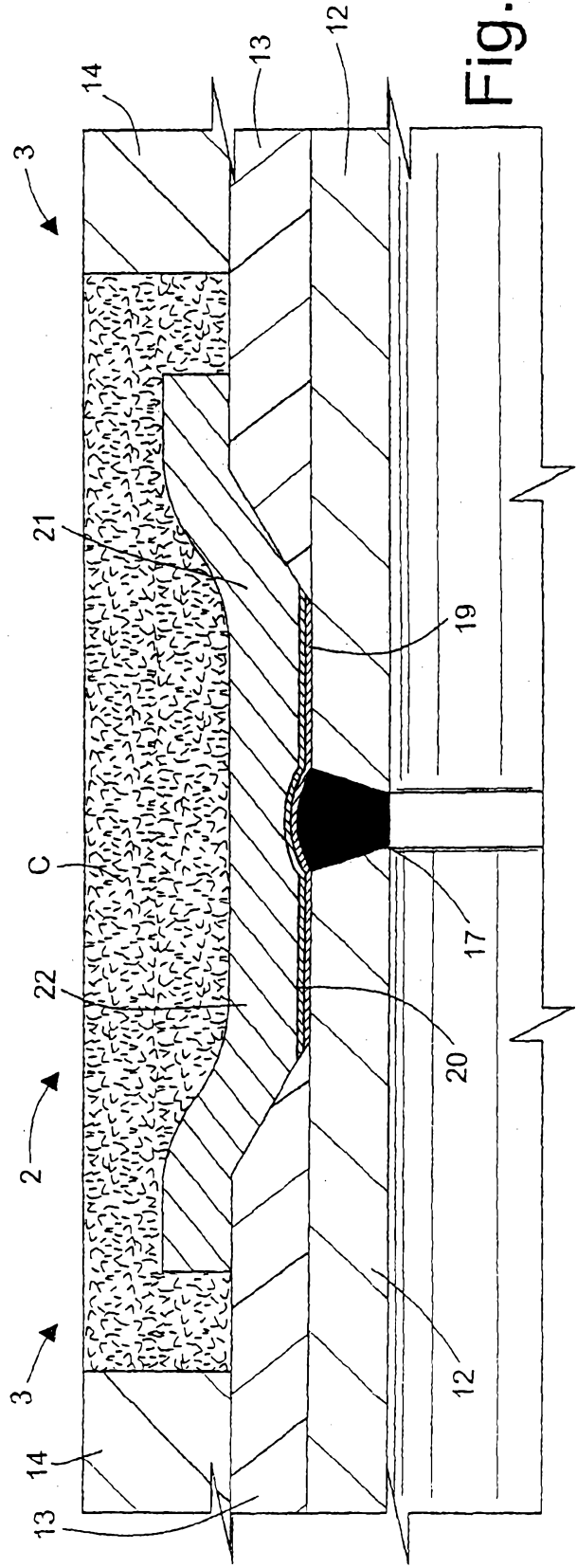
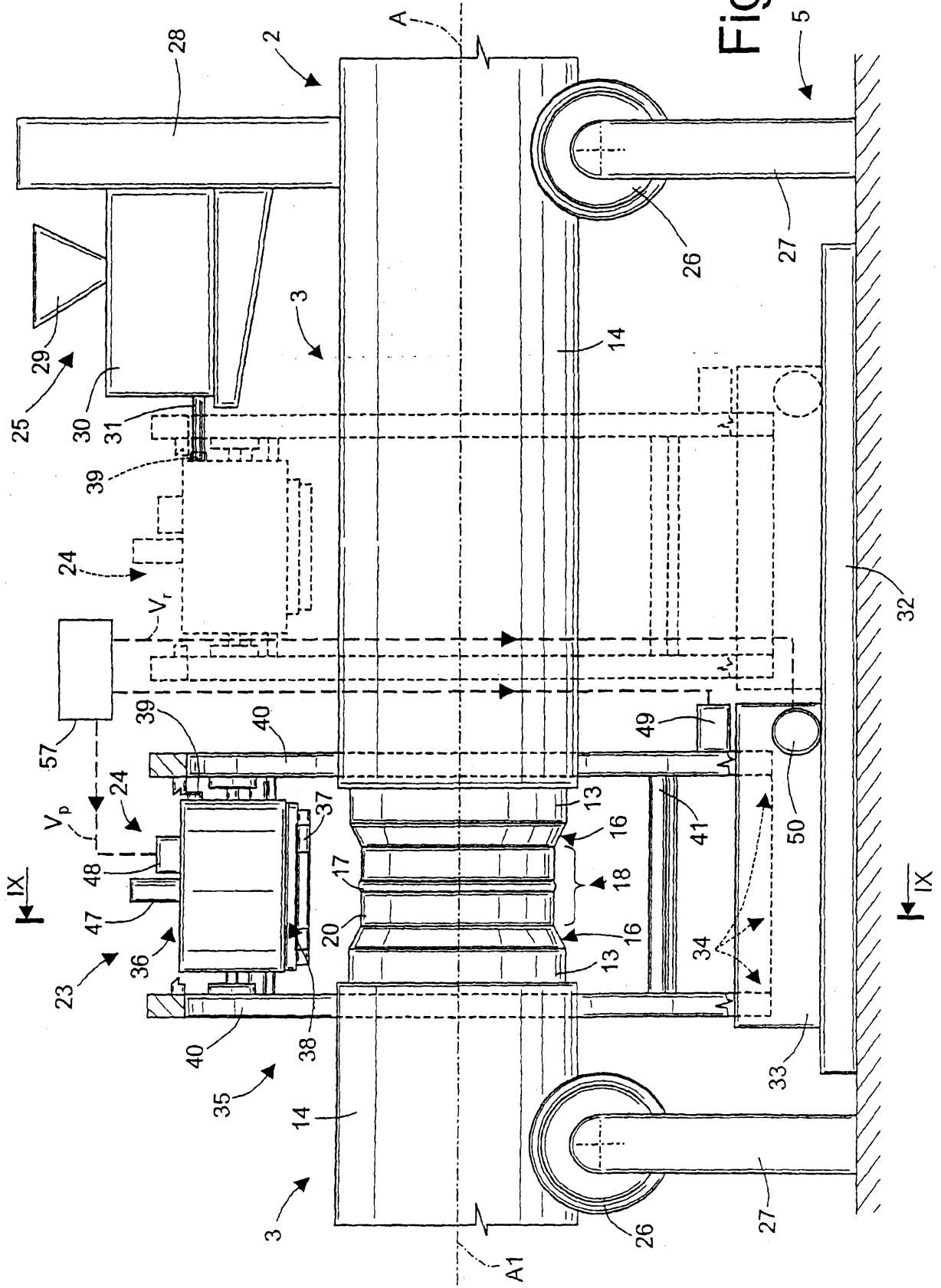


Fig. 7

Fig.8



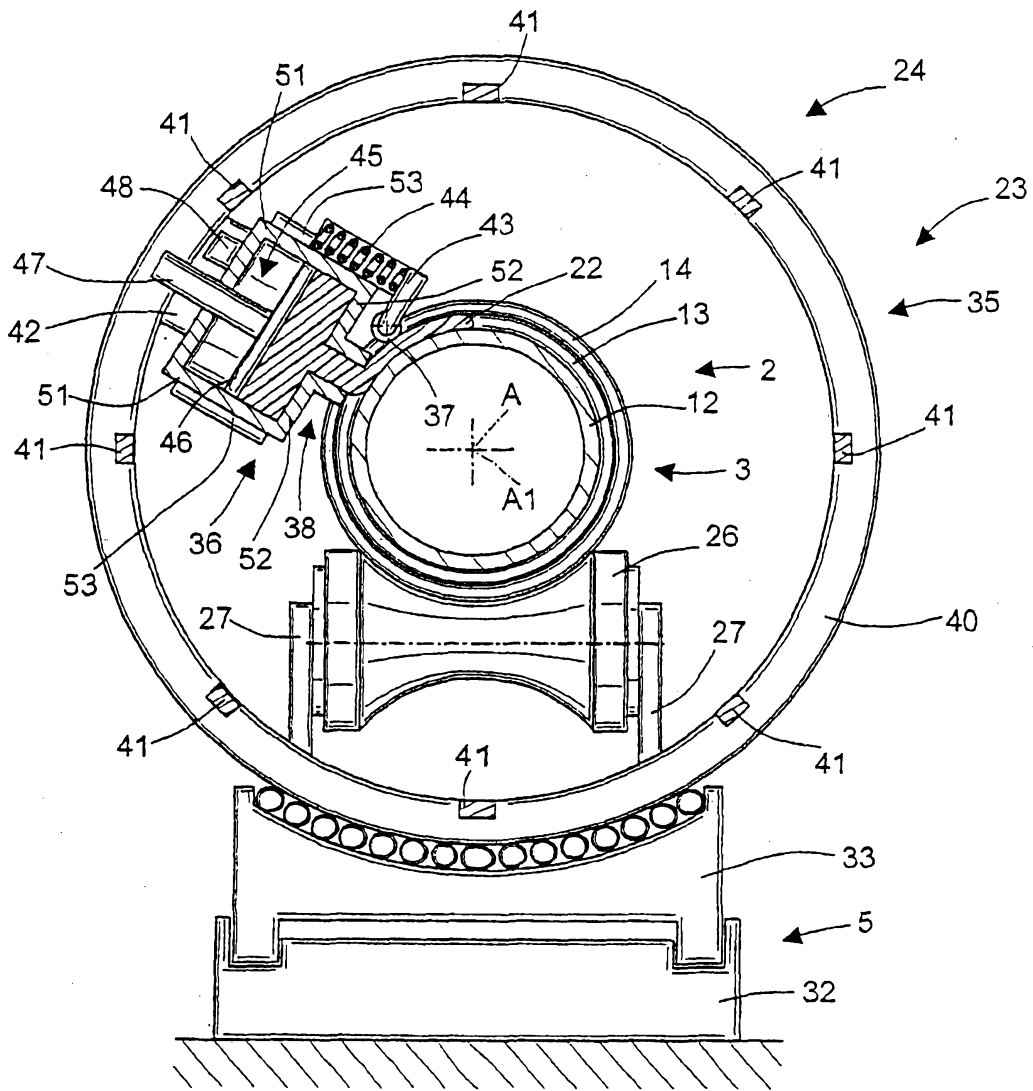


Fig. 9

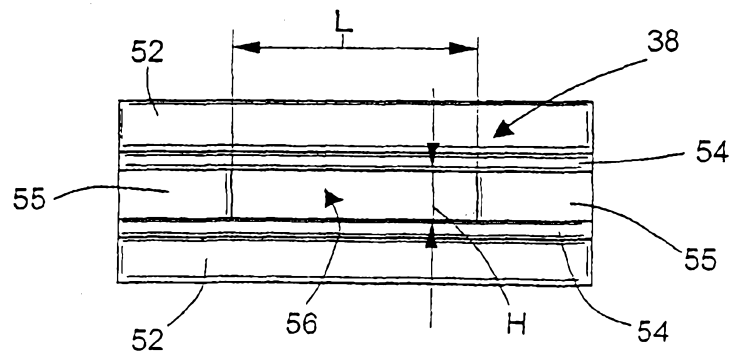


Fig. 10