



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

(11) PI 0619568-7 B1

(22) Data do Depósito: 05/12/2006

(45) Data de Concessão: 03/10/2017



(54) Título: ENROLAMENTO ELÉTRICO E FORMAÇÃO DE UMA FAIXA DE AL ANODIZADA COMO O ENROLAMENTO ELÉTRICO COM MATERIAL ISOLANTE

(51) Int.Cl.: H01F 27/28; H01F 27/32

(30) Prioridade Unionista: 08/12/2005 DE 20 2005 019 390.9

(73) Titular(es): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT. STEINERT ELEKTROMAGNETBAU GMBH

(72) Inventor(es): FRITZ SORG; MIRKO WINDISCH; VOLKER WANDEL

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"ENROLAMENTO ELÉTRICO E FORMAÇÃO DE UMA FAIXA DE AL ANODIZADA COMO O ENROLAMENTO ELÉTRICO COM MATERIAL ISOLANTE"**.

[001] A invenção se refere a um enrolamento elétrico tendo um condutor de enrolamento metálico, que forma enrolamentos individuais, o condutor de enrolamento metálico tendo um condutor metálico e um material eletricamente isolante circundando o condutor metálico. Além do mais, a invenção se refere a um isolamento elétrico de um condutor elétrico, metálico, e à formação de uma faixa de Al anodizada para enrolamentos elétricos.

[002] Quando produzindo um enrolamento elétrico, em particular para uso como um enrolamento primário - ou secundário - na construção de transformadores, o condutor do enrolamento elétrico precisa ser eletricamente isolado. O condutor do enrolamento é enrolado continuamente sobre um suporte, em cujo caso o condutor do enrolamento sendo enrolado uma vez ao redor do suporte é definido como um enrolamento individual no texto que segue. Em particular, os enrolamentos individuais do condutor de enrolamento elétrico que são posicionados diretamente depois de um enrolamento precisam ter um isolamento elétrico tendo um tal efeito isolante que uma ruptura dielétrica entre os enrolamentos individuais ou dentro do enrolamento é impedida. O uso de um condutor metálico, em particular alumínio em faixa, em conjunto com um isolamento de camada, que geralmente compreende plástico (técnica Geafol) é conhecido primariamente para uso na faixa de média tensão e alta-tensão.

[003] Uma desvantagem dessa técnica, entretanto, é o fato que os plásticos usados têm fracas propriedades térmicas e, portanto, o enrolamento elétrico assim produzido precisa ter sistemas de resfriamento adicionais ou precisa ser dimensionado em termos estruturais

para ser maior do que é necessário.

[004] Por exemplo, DE 40 06 697 A1 descreve um transformador que é de tamanho pequeno, os enrolamentos primário e secundário sendo enrolados ao redor de um núcleo tal que eles se cobrem e pelo menos um dos enrolamentos primário e secundário tem um condutor de blindagem consistindo em plástico isolante. Alternativamente, o isolamento pode também consistir em um outro material isolante, tal como uma resina, por exemplo. Por exemplo, DE 69 629 318 T2 descreve um transformador isolado seco, cujo enrolamento de tensão superior contém uma luva isolante consistindo em resina termoplástica e cujo enrolamento de tensão inferior é envolvido por uma resina eletricamente condutora.

[005] Quando produzindo enrolamentos elétricos na faixa de baixa tensão, isolamentos finos podem também ser usados graças às voltagens de ruptura reduzidas. Nesse caso, um condutor de alumínio é usado em cuja superfície uma camada de óxido de alumínio é formada por meio da anodização e provê isolamento suficiente depois que esse condutor do enrolamento produzido dessa maneira foi enrolado. Quando usando altas voltagens e/ou correntes, essa forma de isolamento não é mais suficiente, entretanto.

[006] Um objetivo do presente desenvolvimento é prover, portanto, um enrolamento elétrico que garanta isolamento suficiente e, apesar disso, tenha boas propriedades termicamente condutoras. Nesse caso, de acordo com as exigências respectivas, é planejado que as temperaturas de operação, perdas de linha, seções transversais do condutor e perdas térmicas sejam reduzidas e, portanto, resultem em uma massa física menor com pesos menores e isolamentos adicionais.

[007] O objetivo é atingido de acordo com a invenção em virtude do fato que o condutor de enrolamento metálico tem uma camada de

óxido de metal, que pelo menos parcialmente envolve a superfície do condutor metálico. A camada do óxido de metal é vantajosamente produzida por meio de um processo de oxidação eletrolítico (anodização). Alternativamente, o depósito separado de uma camada de óxido de metal no condutor metálico, tal como ligação adesiva ou soldagem, é possível. O enrolamento elétrico de acordo com a invenção preferivelmente consiste em um material em faixa tendo um condutor de alumínio, que é revestido com uma camada de óxido de alumínio.

[008] Em uma modalidade preferida do enrolamento elétrico de acordo com a invenção, dependendo da máxima intensidade dielétrica requerida dentro do enrolamento elétrico, o material eletricamente isolante tem uma espessura variável. Se a espessura da camada anodizada é insuficiente para finalidades de isolamento, um isolamento adicional tendo uma espessura menor pode também ser introduzido de acordo com a invenção, como no caso do uso de um material condutor sem uma camada anodizada. A combinação da camada do óxido de metal isolante e do material eletricamente isolante localizado sobre ela impede a ruptura dielétrica entre os enrolamentos individuais adjacentes. A máxima intensidade dielétrica requerida para essa finalidade varia dentro do enrolamento elétrico, entretanto, em particular graças ao estrutural e físico, por exemplo, graças a uma distribuição de sobre-tensão não linear ou condições térmicas, dentro do enrolamento. Dependendo dessas máximas intensidades dielétricas requeridas diferentes dentro do enrolamento elétrico, a espessura do material eletricamente isolante usado é da mesma maneira adaptada. Quanto maior é a intensidade dielétrica máxima requerida em uma região específica do enrolamento elétrico, maior a espessura do isolamento, por exemplo, a espessura e/ou as propriedades do material, em particular a classe do material isolante, do material eletricamente isolante no segmento respectivo do enrolamento elétrico. Como um resultado, o ta-

manho físico do enrolamento elétrico pode ser reduzido e, ao mesmo tempo, o material eletricamente isolante pode ser usado em uma maneira mais objetiva e, portanto, mais efetiva no custo. Alternativamente, a espessura da camada do óxido de metal no condutor metálico é variada em uma maneira tal que, dependendo da máxima intensidade dielétrica requerida dentro do enrolamento elétrico, uma propriedade de isolamento continua a ser provida. Dependendo das condições estruturais e, em particular, também as físicas, em particular térmicas, dentro do enrolamento elétrico, um isolamento para o enrolamento elétrico que é, em cada caso, precisamente adequado pode ser provido graças a uma variação na espessura do material eletricamente isolante e/ou a variação na espessura da camada do óxido de metal.

[009] Em um refinamento vantajoso do enrolamento elétrico de acordo com a invenção, a camada do óxido de metal no condutor metálico tem uma espessura constante e, dependendo da máxima intensidade dielétrica requerida dentro do enrolamento elétrico, a espessura do material eletricamente isolante varia. A camada do óxido de metal, tal como a camada anodizada em um condutor de alumínio, por exemplo, tem boas propriedades térmicas e, portanto, reduz a carga térmica no enrolamento elétrico. Dependendo da máxima intensidade dielétrica requerida dentro do enrolamento elétrico, a invenção provê que o material eletricamente isolante tenha uma espessura variável e/ou propriedades de material variáveis quando um grau maior de isolamento é requerido. Para o caso no qual existe uma exigência maior por isolamento entre os enrolamentos individuais, o material eletricamente isolante é projetado para ser mais forte e tem uma espessura maior e/ou propriedades melhoradas do material, tal como uma classificação de material isolante de ordem superior, por exemplo. Por outro lado, nas regiões com uma exigência reduzida das propriedades de isolamento, um material eletricamente isolante, tal como uma folha plástica, por

exemplo, é selecionado para ser adequadamente mais fino e/ou propriedades de material reduzidas são usadas. Essas propriedades do material da folha plástica, tal como a classe do material isolante na qual ela é baseada, por exemplo, podem ser variadas dependendo da intensidade dielétrica posicionalmente dependente requerida. Dependendo da máxima intensidade dielétrica requerida dentro do enrolamento elétrico, de acordo com a invenção, a espessura do material eletricamente isolante pode ser reduzida virtualmente para zero ou até mesmo omitida completamente no local, com o resultado que o efeito isolante entre os enrolamentos individuais nos pontos correspondentes é somente provido graças à camada do óxido de metal do condutor do enrolamento elétrico.

[0010] Para o caso no qual certas exigências mínimas para o isolamento elétrico são ajustadas dentro do enrolamento elétrico, é feita provisão de acordo com a invenção para que o material eletricamente isolante tenha uma espessura constante e/ou propriedade de material constante, em particular com relação à sua classe de material isolante, e, dependendo da máxima intensidade dielétrica requerida dentro do enrolamento elétrico, que a camada de óxido de metal tenha uma espessura diferente. Graças ao fato que uma espessura constante e/ou propriedades de material é/são predeterminada(s) para o material eletricamente isolante, uma propriedade mínima de isolamento para o enrolamento elétrico é predeterminada. Dependendo da máxima intensidade dielétrica requerida dentro do enrolamento elétrico, a camada do óxido de metal é adaptada em termos da sua espessura.

[0011] Dependendo da máxima intensidade dielétrica requerida dentro do enrolamento elétrico, a construção da camada do óxido de metal vantajosamente varia.

[0012] Além de e/ou como uma alternativa, uma folha fina pode também ser introduzido durante o processo de enrolamento. Se a in-

tensidade dielétrica no ponto submetido à maior carga é ainda insuficiente, um segundo ou até mesmo uma terceira folha pode ser introduzida (paralelo) aqui. Como um resultado, somente dois materiais precisam ser usados para o processo de enrolamento: a) material de enrolamento com uma camada anodizada tendo a mesma espessura e b) folha tendo a mesma espessura. Isso não requer qualquer trabalho de adaptação durante o processo de enrolamento e proporciona o uso efetivo de materiais.

[0013] Em particular, a pureza da camada do óxido de metal anodizada ou depositada tem uma influência considerável no isolamento e propriedades térmicas do enrolamento elétrico. Primariamente, as impurezas dentro da camada do óxido de metal resultam no isolamento e nas propriedades térmicas sendo influenciadas. Graças ao uso objetivo dos produtos de partida e oxidação correspondentes para a produção da camada do óxido de metal e dos meus métodos de produção correspondentes, dependendo da máxima intensidade dielétrica requerida dentro do enrolamento elétrico, as propriedades de isolamento são influenciadas e são, portanto, transferidas para o enrolamento elétrico de acordo com a invenção em modo ótimo e em uma maneira de economia de espaço. Além disso, dependendo da máxima intensidade dielétrica requerida dentro do enrolamento elétrico, a construção do material eletricamente isolante varia.

[0014] O material eletricamente isolante vantajosamente contém esmaltes, plásticos, em particular folhas plásticas e/ou papel. De acordo com a invenção, é feita, da mesma maneira, uma provisão para o material eletricamente isolante ter um desenho estratificado. O desenho estratificado garante que, na eventualidade de dano - até mesmo microscopicamente pequeno - em uma camada, por exemplo, uma camada de folha plástica, as camadas mutuamente adjacentes do material eletricamente isolante garantam o isolamento do enrolamento

elétrico. Além do mais, a variação nas propriedades do material da camada de folha plástica respectiva pode ser adaptada, em particular dependendo da intensidade dielétrica. Somente na eventualidade de dano completo ao material eletricamente isolante em um ponto, um efeito isolante do material eletricamente isolante não é mais provido. Além disso, a camada do óxido de metal pode ter um desenho estratificado.

[0015] Uma modalidade vantajosa do enrolamento elétrico é caracterizada pelo fato que a superfície da camada do óxido de metal e do material eletricamente isolante são construídas tal que nenhum deslocamento relativo entre a camada do óxido de metal e o material eletricamente isolante ocorre. O uso de uma superfície, em particular áspera, garante que o deslocamento do material eletricamente isolante e do condutor em relação um ao outro seja descartado durante o processo de produção e durante a operação, e, portanto, não é necessário ter monitoramento frequente e consumidor de tempo do enrolamento elétrico com relação às suas propriedades de isolamento.

[0016] O objetivo também é atingido pelos aspectos da reivindicação 12 da patente. Para o isolamento de um condutor elétrico metálico, provisão é feita para que a superfície do condutor elétrico metálico seja revestida com um óxido de metal, e para que a camada de óxido de metal seja pelo menos parcialmente envolvida por um material eletricamente isolante. Graças à conexão entre as propriedades de isolamento da camada do óxido de metal e da propriedade de isolamento de um material eletricamente isolante envolvendo a dita camada do óxido de metal ou um isolamento adicional na forma de uma folha, ótimo isolamento elétrico é garantido que pode, da mesma maneira, variar ao longo do condutor elétrico metálico. O material eletricamente isolante vantajosamente contém esmaltes, plásticos, em particular folha plástica e/ou papel, o material eletricamente isolante vantajosa-

mente tendo um desenho estratificado, e o material eletricamente isolante pelo menos parcialmente envolvendo a camada do óxido de metal.

[0017] É preferida a formação de uma faixa de Al anodizada como o enrolamento elétrico com material isolante, em particular quando, como uma forma de um alto grau de proteção contra ruptura entre os enrolamentos elétricos, é planejado que o valor da tensão de volta para volta seja igual ao valor da tensão entre as camadas.

[0018] De acordo com a invenção, a faixa de Al anodizada como o condutor do enrolamento metálico com uma camada de óxido de metal é em primeiro lugar enrolada sobre o suporte removível para formar uma espira, então uma pluralidade de espiras como segmentos de um enrolamento inteiro com derivações é disposta eletricamente em série, e as espiras que se situam na entrada e na saída no enrolamento completo são complementadas por camadas adicionais de material isolante, que podem consistir em camadas de folha adicionais.

[0019] Nesse caso, isolamentos adicionais nos pontos são providos nas derivações no início/fim das espiras ou de todo o enrolamento, em cujo caso os isolamentos adicionais nos pontos devem da mesma maneira consistir em uma folha, papel ou esmalte isolante.

[0020] É vantajoso prover um isolamento adicional tal como ar, um composto de fundição ou discos isolantes, por exemplo, entre as espiras a fim de aumentar a proteção contra à ruptura axial de espira a espira em todo o enrolamento.

[0021] Terminais consistindo em uma faixa de Al não anodizada são convenientemente adaptados nas derivações para aplicações específicas.

[0022] Refinamentos vantajosos adicionais podem ser apreendidos das reivindicações dependentes. A matéria exposta da invenção será explicada em detalhes com referência às figuras abaixo, nas

quais:

[0023] Figura 1 mostra uma ilustração esquemática do desenho de um condutor de enrolamento elétrico de acordo com a invenção,

[0024] Figura 2 mostra uma ilustração esquemática de um enrolamento individual do enrolamento elétrico de acordo com a invenção durante o processo de enrolamento,

[0025] Figura 3 mostra uma ilustração esquematicamente montada das formações de uma faixa de Al como espiras 6.1 para enrolamentos elétricos 6 para formar um enrolamento completo configurado em segmentos,

[0026] Figura 4 mostra cortes como mostrado na figura 3 através do enrolamento completo e

[0027] Figura 5 mostra cortes como mostrado na figura 3 através de um segmento com derivações 8 do enrolamento completo.

[0028] A figura 1 mostra uma ilustração esquemática do condutor de enrolamento metálico 4 de acordo com a invenção. O condutor do enrolamento metálico 4 compreende um condutor de alumínio metálico 1, pelo menos uma camada de óxido de alumínio 2 e uma folha isolante plástico elétrico 3, que circunda a camada do óxido de metal 2 e é posicionada pelo menos entre dois enrolamentos individuais adjacentes posicionados um acima do outro. Se os segmentos são conectados em série, somente os segmentos de terminação são providos com esse isolamento adicional e os segmentos que se situam entre eles são configurados sem isolamento adicional, exceto pelas regiões com as derivações. O condutor do enrolamento elétrico 4 pode, nesse caso, ser completamente circundado por uma camada de óxido de metal 2 ou alternativamente uma camada de óxido de metal 2 pode ser provida somente em certos pontos no condutor metálico 1. No exemplo ilustrado na figura 1 como um desenho em corte, uma camada de óxido de

metal 2 é ilustrada no condutor 1, como uma blindagem com uma espessura constante, e essa camada de óxido de metal é circundada por um material eletricamente isolante 3 tendo uma espessura variável. O material eletricamente isolante 3 pode nesse caso ser enrolado ao redor do condutor metálico 1 como blindagem adicional ou como uma camada intermediária ou alternativamente pode ser colocado sobre o condutor metálico 1 ou sobre a camada do óxido de metal 2 do condutor elétrico 1 somente em certos pontos.

[0029] A figura 2 ilustra um enrolamento elétrico 6 de acordo com a invenção, o condutor metálico 1, a camada do óxido de metal 2 e o material eletricamente isolante 3 na forma de uma folha plástica sendo enrolado sobre um suporte 5. A camada do óxido de metal 2 é disposta pelo menos no lado superior e inferior do condutor metálico 1. O suporte 5 é preferivelmente na forma de um corpo cilíndrico e, dentro do contexto do processo de produção do enrolamento elétrico, garante que o material eletricamente isolante 3 e o condutor metálico 1 com a camada do óxido de metal 2 sejam, cada um, enrolados em trajetórias definidas um sobre o outro. O condutor de enrolamento 4 assim formado é enrolado continuamente sobre o suporte 5 durante o processo de produção.

[0030] No presente exemplo ilustrado na figura 2, existe somente um efeito isolante com relação à camada do óxido de metal 2 na direção axial. Na direção radial em relação ao suporte 5, a folha plástica 3 como o material eletricamente isolante é aplicado como isolamento adicional na camada do óxido de metal respectiva 2. Como um resultado, dependendo da máxima intensidade dielétrica requerida dentro do enrolamento elétrico 6, o isolamento completo do enrolamento elétrico 6 é garantido e o reforço parcial do isolamento pode ser obtido em virtude do fato que a camada do óxido de metal 2 ou a camada isolante 2 são projetadas para serem reforçadas nos pontos que são

submetidos à maior tensão.

[0031] Especificamente, as figuras 3, 4 e 5 mostram, esquematicamente, a formação de uma faixa de Al como voltas 6.1 para enrolamentos elétricos 6 para formar um enrolamento completo configurado em segmentos, como pode ser usado em um transformador.

[0032] Meramente por razões de clareza, a figura 3 mostra as formações da faixa de Al como voltas 6 para formar o enrolamento completo configurado em segmentos no modo esquematicamente montado.

[0033] A faixa de Al forma o condutor metálico 1 e o condutor do enrolamento metálico 4 e sua camada anodizada de blindagem forma a camada do óxido de metal 2. A faixa de Al anodizada é enrolada sobre o suporte removível 5 (figura 2) para formar uma espira 6.

[0034] A disposição e a conexão (eletricamente em série) de uma pluralidade de espiras 6 como segmentos do enrolamento completo com derivações 8 podem ser observadas na figura 3. A espira 6 posicionada na entrada no enrolamento completo é complementada pelas camadas 3.1 do material isolante 3 que são adicionalmente enroladas somente no início 7, a espira adjacente 6 tem somente camadas da faixa de Al anodizada como o condutor metálico 1 com a camada do óxido de metal 2, e a espira 6 posicionada na saída no enrolamento completo é, por sua vez, complementada pelas camadas 3.1 do material isolante 3 que são adicionalmente enroladas somente na sua extremidade 7.

[0035] Dessa maneira, a figura 4 mostra cortes como mostrado na figura 3 através desse enrolamento completo e, de maneira análoga, a figura 5 mostra cortes em cada caso de um segmento com derivações 8 do enrolamento completo, do qual, em conjunto com a figura 3, isolamentos adicionais 9 nos pontos nas derivações 8 no início/término do enrolamento completo 7 podem ser observados. Se uma pessoa

fosse imaginar o eixo geométrico médio na figura 5, as derivações (e, portanto, os isolamentos adicionais) seriam somente visíveis em uma metade da ilustração.

[0036] As camadas adicionais 3.1 e os isolamentos adicionais 9 nos pontos nas derivações 8 no início/fim do enrolamento completo 7 consistem em folha plástica, papel ou esmalte, e os terminais (não ilustrados) das derivações 8 e os terminais para o início do enrolamento ou espira e o fim do enrolamento ou espira consistem em uma faixa de Al não anodizada.

REIVINDICAÇÕES

1. Enrolamento elétrico (6) tendo um condutor de enrolamento metálico (4), que forma enrolamentos individuais, o condutor do enrolamento metálico (4) tendo um condutor metálico (1) e um material eletricamente isolante (3) circundando o condutor metálico (1),

caracterizado pelo fato de que o condutor do enrolamento metálico (4) tem uma camada de óxido de metal (2), que pelo menos parcialmente envolve a superfície do condutor metálico (1), sendo que dependendo da máxima intensidade dielétrica requerida dentro do enrolamento elétrico (6), a camada do óxido de metal (2) tem uma espessura variável.

2. Enrolamento elétrico (6), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que, dependendo da máxima intensidade dielétrica requerida dentro do enrolamento elétrico (6), o material eletricamente isolante (3) tem uma espessura variável ou propriedades de material variáveis.

3. Enrolamento elétrico (6), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que, dependendo da máxima intensidade dielétrica requerida dentro do enrolamento elétrico (6), a construção da camada do óxido de metal (2) varia.

4. Enrolamento elétrico (6), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que o material eletricamente isolante (3) contém esmaltes, plásticos, em particular folhas plásticas ou papel.

5. Enrolamento elétrico (6), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que o material eletricamente isolante (3) ou a camada do óxido de metal (2) tem um desenho estratificado.

6. Enrolamento elétrico (6), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que, dependendo

da máxima intensidade dielétrica requerida dentro do enrolamento elétrico (6), a construção do material eletricamente isolante (3) varia.

7. Enrolamento elétrico (6), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que a superfície da camada do óxido de metal (2) e do material eletricamente isolante (3) são constituídas de tal modo que nenhum deslocamento relativo entre a camada do óxido de metal (2) e o material eletricamente isolante (3) ocorre.

8. Formação de uma faixa de Al anodizada como o enrolamento elétrico (6) com material isolante (3), como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 7, caracterizada pelo fato de que,

- a faixa de Al anodizada, que foi enrolada sobre o suporte removível (5) para formar uma espira (6) está presente como o condutor do enrolamento metálico (4) com uma camada de óxido de metal (2),

- a disposição e a conexão em série de uma pluralidade de espiras (6) como segmentos de um enrolamento completo com derivações (8) são formadas e

- as espiras (6) posicionadas na entrada e na saída do enrolamento completo são complementadas por camadas adicionais (3.1) de material isolante (3).

9. Formação de uma faixa de Al anodizada como o enrolamento elétrico (6) com material isolante (3), de acordo com a reivindicação 8, caracterizada pelo fato de que são providos isolamentos adicionais (8.1) nos pontos nas derivações (8).

10. Formação de uma faixa de Al anodizada como o enrolamento elétrico (6) com material isolante (3), de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 ou 9, caracterizada pelo fato de que as camadas adicionais (3.1) são de folha.

11. Formação de uma faixa de Al anodizada como o enro-

lamento elétrico (6) com material isolante (3), de acordo com qualquer uma das reivindicações 9 ou 10, caracterizada pelo fato de que os isolamentos adicionais (9) nos pontos são de folha.

12. Formação de uma faixa de Al anodizada como o enrolamento elétrico (6) com material isolante (3), de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 a 11, caracterizada em que terminais consistindo em uma faixa de Al anodizada são providos nas derivações (8).

1/2

FIG 1

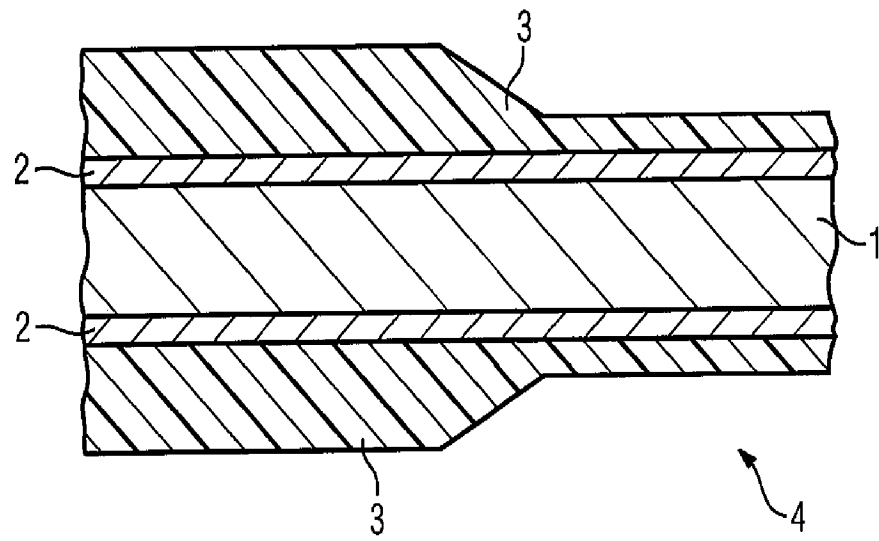


FIG 2

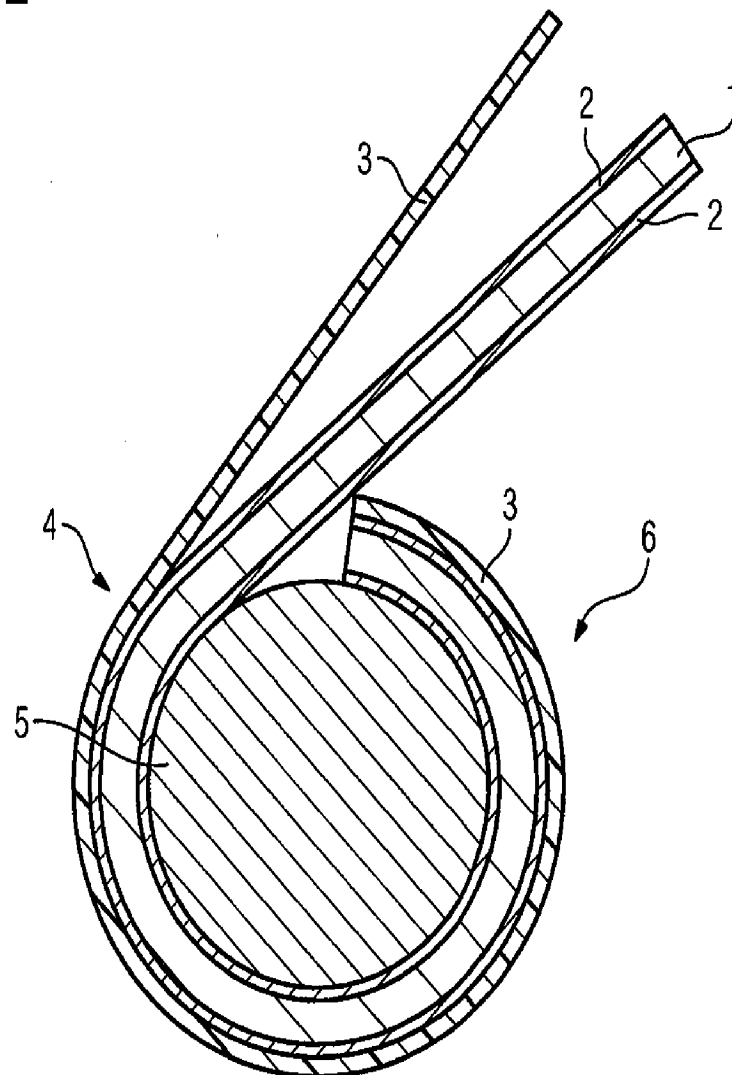


FIG 3

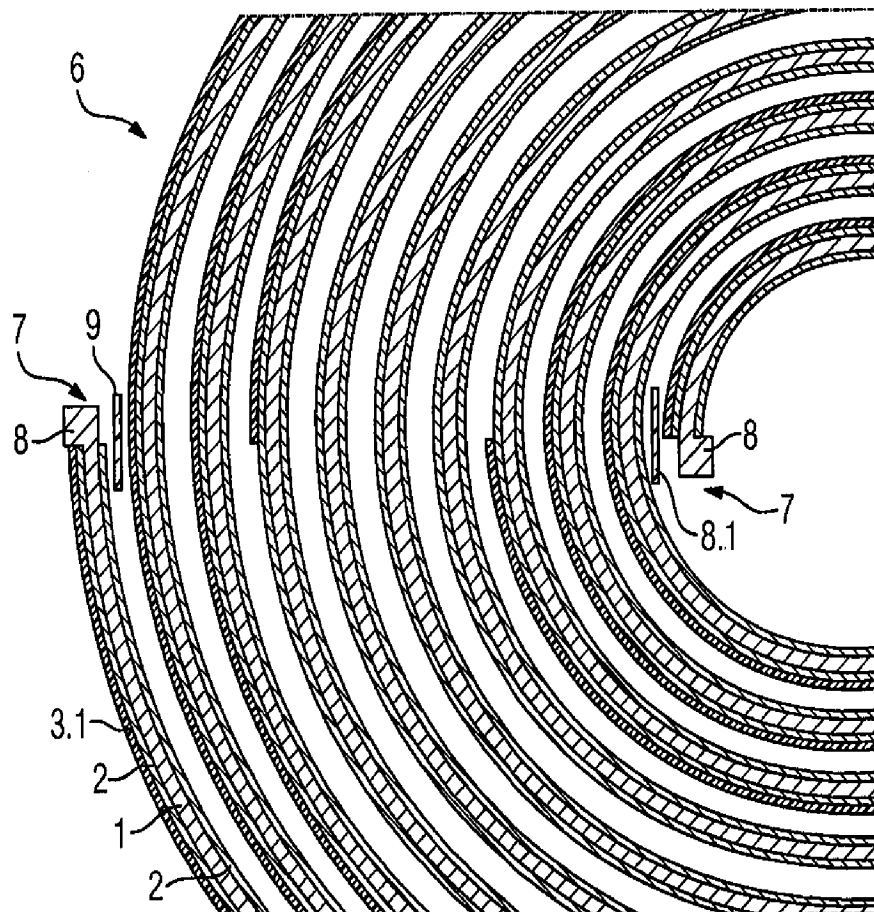


FIG 4

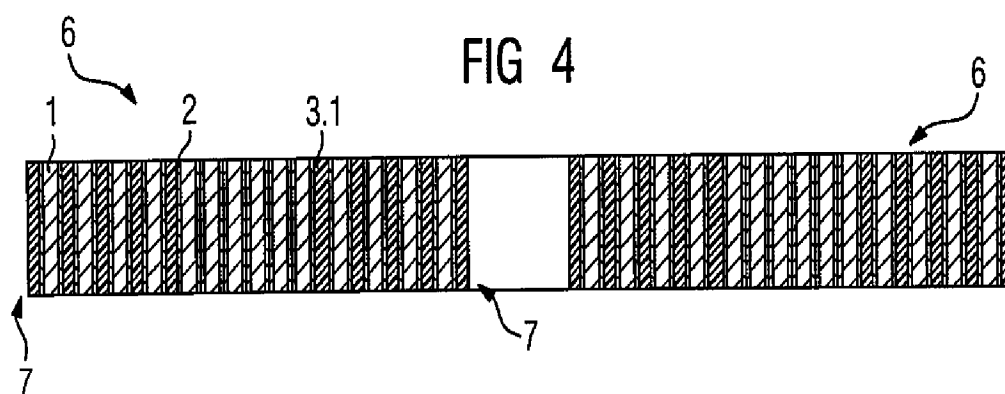


FIG 5

