



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

(21) **PI0709987-8 A2**

(22) Data de Depósito: 10/04/2007
(43) Data da Publicação: 02/08/2011
(RPI 2117)



(51) *Int.Cl.:*
H01F 27/245 2006.01
H01F 41/02 2006.01
H01F 11/147 2006.01

(54) Título: **PROCESSO PARA A LAMINAÇÃO DE UM TIRA ELÉTRICA PARA NÚCLEOS DE TRANSFORMADOR**

(30) Prioridade Unionista: 12/04/2006 DE 10 2006 017 762.2

(73) Titular(es): Siemens Aktiengesellschaft

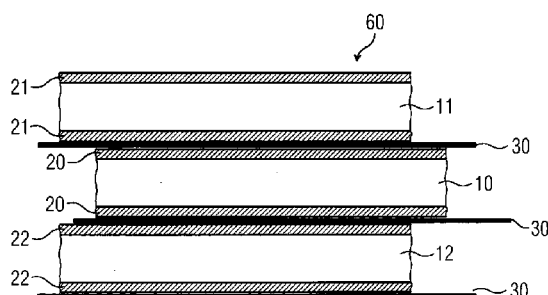
(72) Inventor(es): Jochen Christian

(74) Procurador(es): Dannemann ,Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

(86) Pedido Internacional: PCT EP2007053444 de 10/04/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2007/116047 de 18/10/2007

(57) Resumo: PROCESSO PARA A LAMINAÇÃO DE UMA TIRA ELÉTRICA PARA NÚCLEOS DE TRANSFORMADORA presente invenção refere-se a um processo para a produção de laminados de núcleo ferromagnético para máquinas elétricas. Do mesmo modo, a invenção se refere a uma chapa de núcleo (60) ferromagnético. Através de uma estrutura em camadas de tiras elétricas (10, 11, 12), e da ligação das tiras elétricas por meio de uma camada de ligação (30), em particular, de uma camada adesiva, as chapas de núcleo podem ser produzidas com espessuras de camadas muito finas das tiras elétricas individuais. Deste modo é possível, produzir núcleos formados por camadas de chapas de núcleo para máquinas eletromagnéticas, que apresentam perdas de corrente parasita reduzidas.





Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**PROCESSO PARA A LAMINAÇÃO DE UMA TIRA ELÉTRICA PARA NÚCLEOS DE TRANSFORMADOR**".

Descrição da Invenção

5 A presente invenção refere-se a um processo para a fabricação de chapas de núcleo ferromagnéticas para máquinas elétricas.

 A operação de uma máquina eletromagnética como, por exemplo, um transformador de potência, ou uma bobina de reatância exige uma concepção exatamente sincronizada da máquina elétrica, com respeito à
10 forma de construção e aos materiais empregados. Os núcleos de transformadores de potência e de distribuição, por isso, são constituídos, em geral, de aço silício ferromagnético orientado por grão. Por isso, isto é necessário, uma vez que o fluxo magnético, dependente do tempo, que se expande no núcleo, também produz perdas elétricas. Por um lado, são geradas perdas
15 de restabelecimento pelo retorno cíclico da direção de magnetização no núcleo. Do mesmo modo, no núcleo são induzidas correntes parasitas, que são orientadas perpendicularmente ao fluxo magnético que se expande. Por isso, para a redução das perdas de corrente parasita, os núcleos do transformador são fabricados não maciços mas de chapas individuais em camadas
20 de um aço silício ferromagnético orientado por grão.

 Para evitar as perdas de restabelecimento, as chapas de núcleo são tratadas de tal modo que, é formada uma orientação por grão aperfeiçoada, e um tratamento de superfície das chapas elétricas para formar uma
25 camada de isolamento vítreo, como por exemplo, Fosterit. A tira elétrica orientada por grão se forma da tira quente laminada a frio. Laminação a frio com recozimento de descarbonização intermediária, de cristalização e de alívio de tensão produz uma estrutura de cristal metalúrgica regular com direção de avanço característica da capacidade de magnetização.

 Um tratamento de superfície com óxido de magnésio durante o
30 recozimento de cristalização leva à formação de uma camada de cobertura isolante vítrea (Fosterit). A aplicação em seguida de uma solução de fósforo com secagem logo em seguida forma uma camada de isolamento final (fos

fato). A camada de isolamento em geral é aplicada nas duas superfícies da tira elétrica orientada por grão.

Uma redução das perdas de restabelecimento é garantida sistematicamente por meio de uma orientação por grão aperfeiçoada e refinamento de domínio por raio laser, corrosão ou tratamento mecânico. A redução das perdas de corrente parasita é influenciada, em essência, pela espessura magneticamente efetiva da chapa de núcleo. Quanto mais fina for a chapa de núcleo, menores são as perdas de corrente parasita. Para evitar as perdas de corrente parasita não é empregado nenhum núcleo de transformador maciço, mas o núcleo é formado em camadas de chapas elétricas correspondentemente finas.

De forma tradicional, o processo de produção é configurado de tal modo que, uma tira elétrica orientada por grão é fabricada como uma tira quente laminada a frio várias vezes em parte, e com recozimento de descarbonização intermediário, de cristalização e de alívio de tensão como uma estrutura de cristal que se altera metalúrgicamente, com uma direção de avanço característica da magnetização. O tratamento de superfície produz a camada de cobertura vítrea isolante descrita acima (fosterit e fosfato).

A tira elétrica produzida e tratada dessa forma é cortada como rolo de uma camada em rolos parciais, em uma instalação de divisão longitudinal. Em seguida ocorre uma divisão transversal ou a estampagem das chapas de núcleo definitivas para o núcleo do transformador. O processo de estampagem ocorre ou dentro da linha do processo da divisão longitudinal da tira elétrica, ou no contexto de um processo de estampagem separado. As chapas de núcleo estampadas dessa forma são colocadas em camadas, em seguida, em um dispositivo de colocação de núcleo manual ou automaticamente em um núcleo de transformador.

Assim, a patente US 2002/0158744 A1 descreve um dispositivo e um processo para a fabricação de grandes transformadores com chapas de núcleo em camadas.

Além disso, a patente US 6,416,879 B1 divulga uma composição de material contendo ferro correspondente como material de partida

para a fabricação de chapas de núcleo a fim de minimizar, deste modo, as perdas de restabelecimento e as perdas de corrente parasita em um núcleo em camadas com esse material.

O mesmo vale para a patente DE 43 37 605 A1, que divulga um
5 processo para a produção de tiras elétricas orientadas por grão e núcleos magnéticos fabricados disso.

Desvantajoso em todos os processos e estruturas de chapas de núcleo empregados no estado da técnica é o fato de que, a largura das chapas de núcleo fabricadas desse modo não pode ultrapassar uma espessura
10 mínima de 0,23 mm, uma vez que de outro modo no processo de fabricação de núcleo o material seria solicitado demais mecanicamente. Isso poderia levar a uma redução das propriedades eletromagnéticas das chapas de núcleo fabricadas desse modo. Em virtude dessas restrições técnicas de produção, por isso, não é possível até o momento continuar a reduzir as perdas
15 de corrente parasita ligadas com essa largura das chapas de núcleo em núcleos de transformador em camadas com essas chapas de núcleo correspondentes.

A tarefa da presente invenção por isso é preparar um processo, que prepara a produção de chapas de núcleo com espessura menor, que
20 também no caso de uma solicitação mecânica como, por exemplo, durante o processo de colocação de núcleo, não reduzam suas propriedades eletromagnéticas.

A tarefa da invenção é solucionada pelas características da reivindicação de patente 1. De acordo com a invenção está previsto que, uma
25 primeira tira elétrica e, pelo menos, uma segunda tira elétrica de um material ferromagnético esteja envolvida, pelo menos, parcialmente com, respectivamente, pelo menos, uma camada de isolamento, e a camada de isolamento da primeira tira elétrica da camada de isolamento da segunda tira elétrica estejam ligadas entre si por meio de uma camada de ligação. Por
30 meio do emprego de uma camada de ligação entre as tiras elétricas individuais resulta a vantagem que, as chapas de núcleo fabricadas desse modo possuem uma estrutura em camadas e, com isso, as perdas de corrente

parasita são reduzidas visivelmente em um núcleo em camadas com as chapas de núcleo de acordo com a invenção. Em oposição à chapa de núcleo tradicional formada de apenas uma tira elétrica, as chapas de núcleo fabricadas de acordo com o processo de acordo com a invenção é formado de uma camada de tiras elétricas. Neste caso, a camada de ligação assegura que, a estrutura em camadas das tiras elétricas de uma chapa de núcleo também resiste à solicitação mecânica da chapa de núcleo como, por exemplo, durante o processo de produção ou no caso da carga de tensão e, com isso, também à carga mecânica do núcleo.

10 Em uma execução vantajosa do processo, a camada de isolamento é uma camada de cobertura fabricada metalurgicamente, em particular, de Fosterit ou de Fayalit. É visto como vantagem o fato de que, a camada de ligação entre as camadas de isolamento é uma camada adesiva. O emprego de uma substância de fixação entre as tiras elétricas individuais garante, por um lado, uma ligação permanente entre as camadas de isolamento e, com isso, entre as tiras elétricas. As perdas de corrente parasita podem ser reduzidas visivelmente.

Ao mesmo tempo essa estrutura em camadas das chapas de núcleo garantem que, as chapas de núcleo possuem uma alta estabilidade mecânica, e podem ser empregadas no processo de produção sem restrições.

A camada de ligação precisa ser permanentemente resistente contra óleo mineral, midel e/ou silicone, resistente à temperatura na faixa de -75°C até $+200^{\circ}\text{C}$, e altamente adesiva na tira elétrica. Laminados de chapas elétricas fixadas precisam ser flexíveis e, em geral, precisam poder ser processadas normalmente no processo de divisão longitudinal e transversal. A dureza da camada de fixação não pode em hipótese alguma levar a fenômenos de desgaste aumentados nas ferramentas de corte da chapa de núcleo.

30 Em uma execução vantajosa do processo está previsto que, a camada de ligação seja uma camada fabricada metalurgicamente entre as camadas de isolamento, que é produzida, em particular, por meio de reco-

zimento de cristalização temporária. Uma camada de isolamento sobre uma tira elétrica para chapas de núcleo é produzida, de forma tradicional por um processamento metalúrgico da superfície da tira elétrica, por exemplo, por meio de decapagem ou corrosão da superfície. Uma vez que também são
5 necessários tratamentos a quente das tiras elétricas para a formação de uma camada de isolamento sobre a superfície, os métodos de produção até o momento também podem ser usados para a fabricação de uma camada de ligação entre as camadas de isolamento individuais.

De forma vantajosa, a camada de isolamento e/ou a camada de
10 ligação apresenta uma estrutura mecânica que contribui para a estabilidade mecânica da chapa de núcleo. Por meio da inserção de uma estrutura de grade como, por exemplo, na construção de aeronave, na camada de ligação a estabilidade mecânica pode ser aumentada. Isso vale, do mesmo modo, para o emprego de diversos materiais como substância de fixação, para
15 a formação de uma camada de ligação. Também a camada de isolamento pode ser reforçada mecanicamente por meio da adição de uma outra camada de grade e/ou por meio de tratamento de superfície dependente do local das tiras elétricas.

É visto como vantagem o fato de que, a primeira tira elétrica é
20 envolvida com uma camada de isolamento, em seguida, no lado superior e inferior da tira elétrica é aplicada uma camada de ligação sobre as camadas de isolamento, e no lado superior e inferior das camadas de isolamento da tira elétrica, respectivamente, uma segunda tira elétrica é comprimida com
25 camada de isolamento envolvente na primeira tira elétrica por meio de rolos de compressão. De forma vantajosa, a tira elétrica e/ou a camada de isolamento, e/ou a camada de ligação variam na chapa de núcleo, de tal modo que também podem ser levadas em consideração as condições de construção e/ou eletromecânicas na estrutura de camada das chapas de núcleo.

A laminação pode ser integrada em processos de produção e-
30 xistentes. Ou como laminação de rolos cheios de duas ou de várias camadas para formar um rolo cheio laminado, sendo que, o rolo cheio laminado serve como material de partida para o processo de divisão longitudinal. De

forma alternativa, pode ocorrer a laminação de rolos de largura parcial de duas ou de várias camadas cortados na largura para formar um rolo de largura parcial laminado, sendo que, o rolo de largura parcial laminado é material de partida para o processo de divisão transversal seguinte (processo de
5 estampagem). Do mesmo modo, é possível que ocorra a laminação de duas ou de várias folhas individuais estampadas, para formar uma folha de núcleo laminada.

O processo de acordo com a invenção oferece a vantagem que, pode ser empregada uma espessura de chapa menor que a empregada da
10 forma tradicional (espessuras de chapa $< 0,23$ mm). Deste modo, pode ser obtida uma redução sistemática das correntes parasita no núcleo com dispêndio de construção e fabricação que permanece igual. Além disso, o processo de acordo com a invenção não necessita de nenhuma alteração dos processos de produção de chapa de núcleo até o momento, e dos proces-
15 sos de colocação de núcleo existentes.

A tarefa é solucionada, da mesma forma, pelas características da reivindicação 14. De acordo com a invenção está previsto que, uma chapa de núcleo (60) é formada de tiras elétricas individuais, sendo que, as tiras elétricas apresentam, respectivamente, uma camada de isolamento, e as
20 camadas de isolamento são ligadas entre si através de uma camada de ligação. Em uma execução vantajosa da chapa de núcleo ferromagnética está previsto que, a camada de ligação é uma camada adesiva. De modo alternativo, a camada de ligação é uma ligação metalúrgica entre as respectivas camadas de isolamento das tiras elétricas. Também são possíveis com-
25 binações de diversos tipos de ligação para diversas camadas de ligação da chapa de núcleo.

Outras medidas vantajosas estão descritas nas outras reivindicações subordinadas; a invenção será esclarecida em detalhes com auxílio de exemplos de execução e dos desenhos a seguir:

30 figura 1 representação esquemática do processo de fabricação para tiras elétricas laminadas;

 figura 2 representação esquemática do processo de laminação

de chapas de núcleo já estampadas;

figura 3 estrutura em camadas esquemática de três tiras elétricas tratadas metalurgicamente com camadas de isolamento, que são ligadas entre si através de uma camada adesiva;

- 5 figura 4 estrutura esquemática de uma chapa de núcleo de acordo com a invenção, com três tiras elétricas dispostas paralelamente, que estão ligadas entre si por meio de uma ligação metalúrgica como camada de ligação.

O desenho da fig. 1 mostra uma vista esquemática do processo de fabricação de acordo com a invenção de tiras elétricas 10, 11, 12 laminadas. Uma tira elétrica central 10, que apresenta ou uma superfície já tratada metalurgicamente, ou uma camada de isolamento 20 (não representada) aplicada de outro modo, é pulverizada com um meio de fixação 50. Essa substância adesiva aplicada sobre o isolamento externo da tira elétrica central 10 forma uma camada de ligação 30, sobre a qual são aplicadas outras tiras elétricas 11, 12 sobre o lado superior e inferior, em relação à tira elétrica central 10. Entre as camadas de isolamento 20, 21, 22 das respectivas tiras elétricas 10, 11, 12, a camada de ligação 30 formada desse modo é comprimida pelos rolos de compressão 40 e, por conseguinte, produz uma camada de ligação 30 permanente e duradoura, entre as tiras elétricas 10, 11, 12 individuais. Deste modo, por um lado, é obtida uma estabilidade mecânica das chapas de núcleo 60 fabricadas desse modo. Além disso, a estrutura em camadas das tiras elétricas 10, 11, 12 reduz os limites da técnica de produção até o momento de 0,23 mm para as chapas de núcleo 60 para uma chapa de núcleo 60, de tal modo que as perdas de corrente parasita neste caso, continuam a ser reduzidas.

O desenho da fig. 2 mostra o emprego do processo de acordo com a invenção durante a fabricação de tiras elétricas 10, 11, 12 já estampadas, que são ponto de partida para a produção das chapas de núcleo 60. Como no processo de acordo com o desenho da fig. 1, sobre uma camada de isolamento 20 (não representada) de uma tira elétrica 10 estampada, em ambos os lados é aplicada uma substância de ligação 50. que forma uma

camada de ligação 30. Sobre essa camada de ligação 30 são dispostas outras tiras elétricas 11, 12 correspondentes à tira elétrica 10 estampada, acima e abaixo da tira elétrica 10, e são pressionadas por meio de rolos de compressão 40. Deste modo, a chapa de núcleo 60 correspondente recebe
5 uma estrutura em camadas.

Nos desenhos da fig. 3 e fig. 4 é mostrada uma estrutura esquemática de uma chapa de núcleo 60 fabricada desse modo. No caso do desenho da fig. 3, as tiras elétricas 10, 11, 12 individuais da chapa de núcleo 60 são coladas entre si por meio de uma substância de fixação 50.

10 Uma vez que o adesivo prepara um efeito isolante adicional da camada de ligação 30, é possível dispensar a camada de isolamento 20 das tiras elétricas, uma vez que as propriedades de isolamento 20 são asseguradas exclusivamente através da camada de ligação 30 e das camadas de isolamento 21 e 22. De modo alternativo, a camada de ligação 30 entre as
15 tiras elétricas 10, 11, 12 das chapas de núcleo 60 também são asseguradas entre si por meio de um processo metalúrgico como, por exemplo, um recozimento das tiras elétricas 10, 11, 12 individuais. Neste caso, as camadas de isolamento 20, 21, 22 individuais contraem entre si uma ligação metalúrgica.

REIVINDICAÇÕES

1. Processo para a fabricação de chapas de núcleo (60) ferromagnéticas para máquinas elétricas, caracterizado pelo fato de que, uma primeira tira elétrica (10) e, pelo menos, uma segunda tira elétrica (11) de um material ferromagnético estão ligadas entre si por meio de uma camada de ligação (30).

2. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que, as tiras elétricas (10) envolvidas, pelo menos, parcialmente por uma camada de isolamento (20, 21) e a camada de isolamento (20) da primeira tira elétrica (10) estão ligadas entre si com a camada de isolamento (21) da segunda tira elétrica (11) por meio de uma camada de ligação (30).

3. Processo de acordo com uma das reivindicações 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que, a camada de isolamento (20) é uma camada de cobertura fabricada metalurgicamente, em particular, de Fosterit ou de Fayalit.

4. Processo de acordo com uma das reivindicações de 1 a 3, caracterizado pelo fato de que, a camada de ligação (30) entre as camadas de isolamento (20, 21) é uma camada adesiva.

5. Processo de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que, a camada de ligação (30) adere na tira elétrica de modo altamente adesivo.

6. Processo de acordo com uma das reivindicações 4 ou 5, caracterizado pelo fato de que, a camada de ligação (30) pode ser cortada mecanicamente e é flexível.

7. Processo de acordo com uma das reivindicações de 4 a 6, caracterizado pelo fato de que, a camada de ligação (30) é resistente à temperatura em uma faixa de temperatura de -75°C até $+200^{\circ}\text{C}$.

8. Processo de acordo com uma das reivindicações de 4 a 7, caracterizado pelo fato de que, a camada de ligação (30) é resistente contra óleo mineral, midel (éster) e/ou silicone.

9. Processo de acordo com uma das reivindicações de 1 a 3, caracterizado pelo fato de que, a camada de ligação (30) é uma camada

fabricada metalurgicamente entre as camadas de isolamento (20, 21, 22) que é produzida, em particular, por meio de recozimento de cristalização temporária.

10. Processo de acordo com uma das reivindicações de 1 a 9, caracterizado pelo fato de que, a tira elétrica (10) apresenta uma orientação por grão.

11. Processo de acordo com uma das reivindicações de 1 a 10, caracterizado pelo fato de que, a camada de isolamento (20) e/ou a camada de ligação (30) apresenta uma estrutura mecânica e, por conseguinte contribui para a estabilidade mecânica da chapa de núcleo (60).

12. Processo de acordo com uma das reivindicações de 1 a 11, caracterizado pelo fato de que, a primeira tira elétrica (10) é envolvida com uma camada de isolamento (20), em seguida, no lado superior e inferior da tira elétrica (10) é aplicada uma camada de ligação (30), e no lado superior e inferior da tira elétrica (10), respectivamente, uma segunda tira elétrica (10) é comprimida com camada de isolamento (20) envolvente na primeira tira elétrica (10) por meio de rolos de compressão (40).

13. Processo de acordo com uma das reivindicações de 1 a 12, caracterizado pelo fato de que, a tira elétrica (10), e/ou a camada de isolamento (20), e/ou a camada de ligação (30) variam na chapa de núcleo (60).

14. Chapas de núcleo (60) ferromagnéticas para máquinas elétricas, caracterizadas pelo fato de que, uma chapa de núcleo (60) é formada de tiras elétricas (10, 11, 12) individuais, sendo que, as tiras elétricas (10, 11, 12) apresentam, respectivamente, uma camada de isolamento (20, 21, 22) e as camadas de isolamento (20, 21, 22) são ligadas entre si através de uma camada de ligação (30).

15. Chapa de núcleo (60) ferromagnética de acordo com a reivindicação 14, caracterizada pelo fato de que, a camada de ligação (30) é uma camada adesiva.

16. Chapa de núcleo (60) ferromagnética de acordo com a reivindicação 14, caracterizada pelo fato de que, a camada de ligação (30) é uma ligação metalúrgica entre as respectivas camadas de isolamento (20,

21, 22) das tiras elétricas (10, 11, 12).

17. Chapa de núcleo (60) ferromagnética de acordo com uma das reivindicações 15 ou 16, caracterizada pelo fato de que, podem ser empregados diversos tipos de ligação como camada de ligação (30).

FIG 1

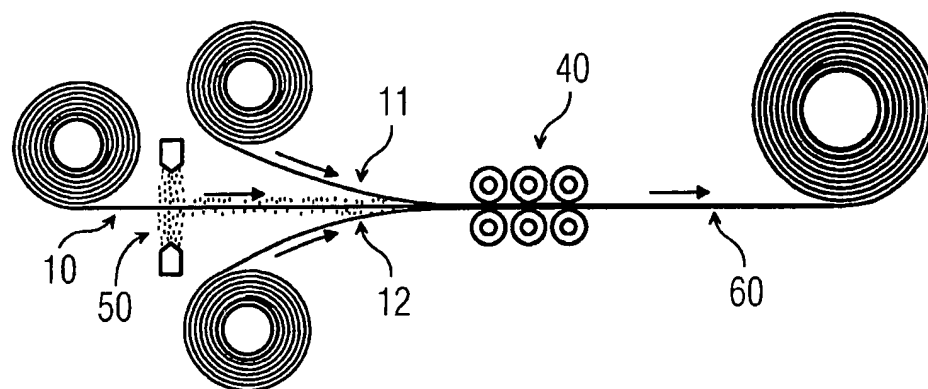


FIG 2

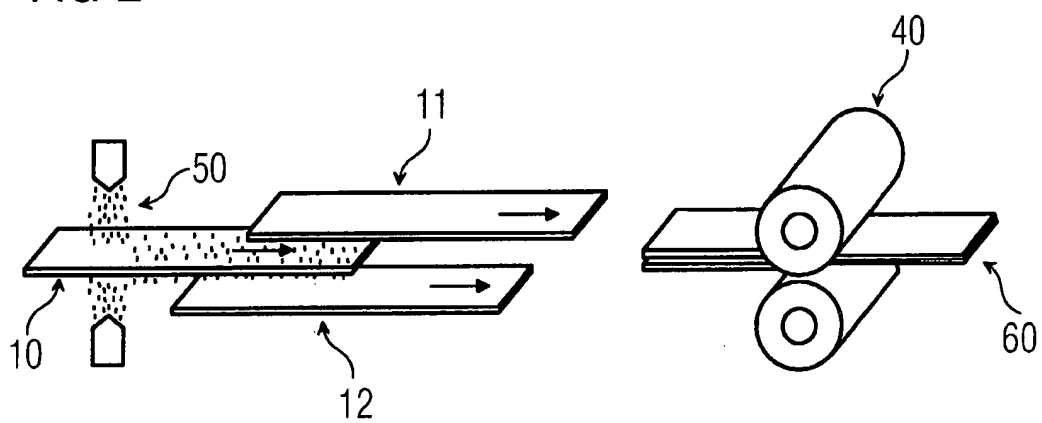


FIG 3

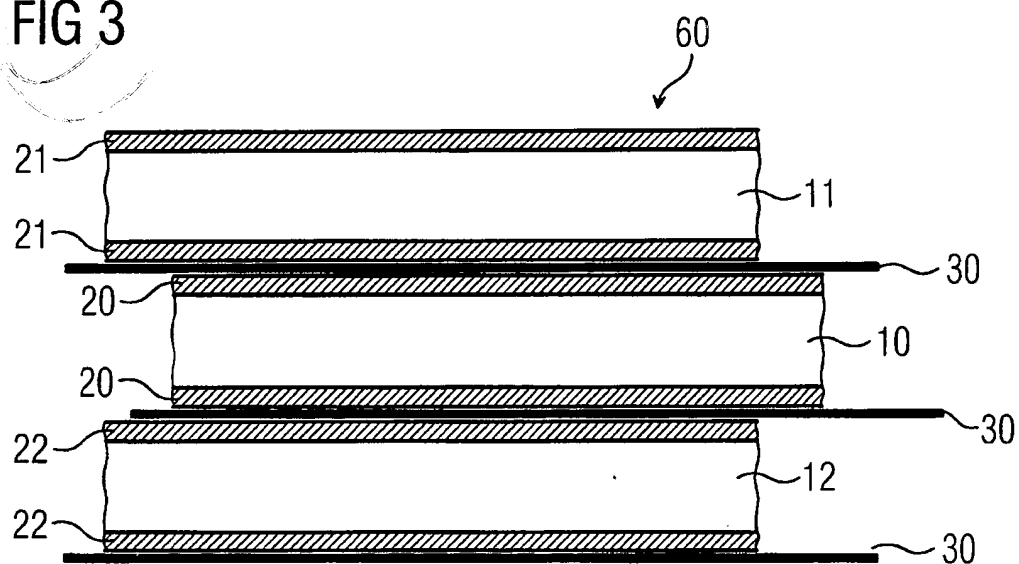
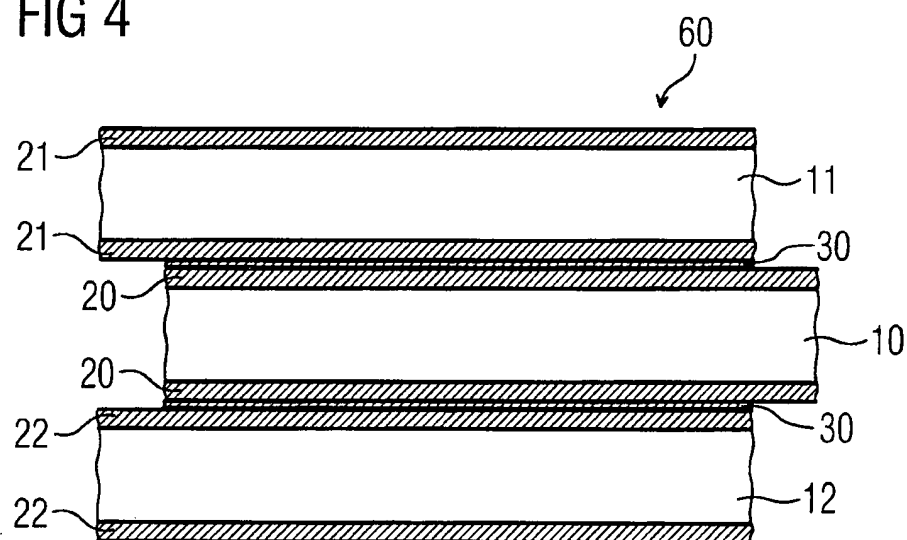


FIG 4



RESUMO

Patente de Invenção: **"PROCESSO PARA A LAMINAÇÃO DE UMA TIRA ELÉTRICA PARA NÚCLEOS DE TRANSFORMADOR"**.

A presente invenção refere-se a um processo para a produção de laminados de núcleo ferromagnético para máquinas elétricas. Do mesmo modo, a invenção se refere a uma chapa de núcleo (60) ferromagnético. Através de uma estrutura em camadas de tiras elétricas (10, 11, 12), e da ligação das tiras elétricas por meio de uma camada de ligação (30), em particular, de uma camada adesiva, as chapas de núcleo podem ser produzidas com espessuras de camadas muito finas das tiras elétricas individuais. Des-
10 te modo é possível, produzir núcleos formados por camadas de chapas de núcleo para máquinas eletromagnéticas, que apresentam perdas de corrente parasita reduzidas.