



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) BR 112012002606-2 B1



(22) Data do Depósito: 27/07/2010

(45) Data de Concessão: 15/10/2019

(54) Título: MÉTODO PARA PRODUZIR UM ROTOR EM GAIOLA PARA UMA MÁQUINA ASSÍNCRONA, ROTOR EM GAIOLA PARA UMA MÁQUINA ASSÍNCRONA E MÁQUINA ASSÍNCRONA

(51) Int.Cl.: H02K 15/00; H02K 17/16.

(30) Prioridade Unionista: 03/08/2009 EP 09167044.8.

(73) Titular(es): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT.

(72) Inventor(es): KLAUS BÜTTNER; KLAUS KIRCHNER; MICHAEL MÜLLER.

(86) Pedido PCT: PCT EP2010060906 de 27/07/2010

(87) Publicação PCT: WO 2011/015494 de 10/02/2011

(85) Data do Início da Fase Nacional: 03/02/2012

(57) Resumo: "MÉTODO PARA PRODUZIR ROTOR EM GAIOLA CHANFRADA E ROTOR EM GAIOLA CHANFRADA". a presente invenção refere-se a um método para produzir um rotor em gaiola chanfrada (1) para uma máquina assíncrona (2) e de um rotor em gaiola (1) que pode ser produzido por meio de tal método. A fim de melhorar a eficiência da máquina assíncrona (2), o rotor em gaiola (1) compreende um núcleo laminado do rotor (5) dotado de ranhuras (4), anéis de curto circuito (6) feitos de um primeiro material e alojados na face da extremidade do núcleo laminado do rotor (5), e as barras de curto-circuito (3; 11; 12) feitas de um segundo material são dotadas de uma condutividade elétrica específica maior do que a do primeiro material e são dispostas nas ranhuras (4), em que o núcleo laminado do rotor (5) e barras de curto-circuito (3; 11; 12) compreendem um chanfro e quase completamente enchem uma região da ranhura interna (7), conforme visto na direção radial do núcleo laminado do rotor (5).

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "MÉTODO PARA PRODUZIR UM ROTOR EM GAIOLA PARA UMA MÁQUINA ASSÍNCRONA, ROTOR EM GAIOLA PARA UMA MÁQUINA ASSÍNCRONA E MÁQUINA ASSÍNCRONA".

[001] A presente invenção refere-se a um método para produzir um rotor em gaiola chanfrada para uma máquina assíncrona e refere-se a um rotor em gaiola que pode ser produzido por meio de tal método.

[002] Os novos padrões de eficiência para as standard máquinas assíncronas padrão, tais como IE1, IE2 ou IE3 exigem um alto nível de consumo de material à medida que o comprimento geral das ditas máquinas tem que ser crescentemente longo para estar de acordo com os ditos padrões. No futuro, será crescentemente difícil estar de acordo com as exigências que crescem para a eficiência das máquinas ao usar o método de fundição em molde de alumínio convencional.

[003] Os níveis exigidos de eficiência são, no entanto, capazes de ser alcançados ao usar um rotor em gaiola feito de cobre. Devido à condutividade elétrica mais alta do cobre com relação ao alumínio, maiores níveis de eficiência podem ser alcançados no presente, mesmo com comprimentos mais curtos no geral.

[004] O método de fundição em molde de cobre é conhecido para produzir rotores em gaiola feitos de cobre. No entanto, este método é muito complexo e, em particular, com alturas de eixo mais altas, não é mais capaz de ser realizado em termos de tecnologia. As exigências para a ferramenta de fundição em molde e os parâmetros do processo quando se usa o cobre fundido em uma temperatura acima de 1.100°C, só são capazes de ser controlados com custos muito altos.

[005] Um método para produzir um rotor em gaiola é revelado no documento DE 43 08 683 A1, no qual as barras de curto-circuito, que inicialmente consistem em cobre, são inseridas em ranhuras de um

núcleo laminado do rotor. As ditas barras de cobre são conectadas juntas na face frontal por meio de anéis de curto-circuito. Um processo de fundição em molde de alumínio é usado para produzir esses anéis de curto-circuito. Quando se funde os anéis de curto-circuito, a seção transversal residual que permanece nas ranhuras com relação às barras de cobre inseridas, é, ao mesmo tempo, fundida usando-se alumínio para que os anéis de curto-circuito também sejam conectados às partes da barra fundida em molde formadas na seção transversal residual. Além do mais, sabe-se, por esta publicação, chanfrar tal núcleo laminado do rotor depois de inserir as barras de curto-circuito por meio de um ângulo de inclinação desejado, por meio do qual as propriedades de funcionamento da máquina são aperfeiçoadas.

[006] Uma máquina assíncrona produzida desta maneira tem a vantagem de que, devido às barras de cobre inseridas nas ranhuras, o nível de eficiência é semelhante a uma máquina assíncrona com um rotor fundido em molde de cobre, mas os custos da produção dela são notoriamente inferiores. Isso é baseado no fato de que o processo de fundição em molde é realizado ao usar o alumínio que tem uma temperatura de fundição consideravelmente inferior do que o cobre.

[007] O objeto da invenção é melhorar o nível de eficiência de tal máquina assíncrona.

[008] Este objeto é alcançado por meio de um método para produzir um rotor em gaiola para uma máquina assíncrona dotada das características de acordo com a invenção. Tal método compreende as etapas do método:

- chanfrar um núcleo laminado do rotor com ranhuras,
- inserir barras de curto-circuito de um segundo material nas ranhuras do núcleo laminado do rotor chanfrado,
- fundir os anéis de curto-circuito feitos de um primeiro material com uma condutividade elétrica específica menor do que o do

segundo material na face frontal do núcleo laminado do rotor,

em que antes da inserção nas ranhuras as barras de curto-circuito têm um chanfro tal que elas podem ser inseridas substancialmente sem distorção no núcleo laminado do rotor chanfrado antes de uma aplicação do primeiro material fundido, tal que elas encham quase completamente uma região da ranhura interna vista na direção radial, para que, durante o processo de fundição, o primeiro material não seja capaz de penetrar na região da ranhura interna.

[009] Além do mais, o objeto é alcançado por um rotor em gaiola para uma máquina assíncrona que possui as características da invenção. Tal rotor em gaiola compreende:

- um núcleo laminado do rotor com ranhuras,
- anéis de curto-circuito de um primeiro material fundido na face frontal do núcleo laminado do rotor, e
- barras de curto-circuito dispostas nas ranhuras e feitas de um segundo material com uma condutividade elétrica específica maior do que àquela do primeiro material, em que
- o núcleo laminado do rotor e as barras de curto-circuito compreendem um chanfro e
- encham quase completamente uma região da ranhura interna vista na direção radial do núcleo laminado do rotor.

[0010] As modalidades vantajosas da invenção podem ser derivadas das concretizações.

[0011] A invenção permite a produção econômica de um rotor de curto-circuito excepcionalmente eficiente para uma máquina assíncrona com excelentes propriedades de operação. Pela construção híbrida, de acordo com a invenção do rotor em gaiola, é possível estar de acordo com os padrões de eficiência, tais como os IE1, IE2, IE3 mencionados anteriormente, com uma construção notoriamente mais econômica com relação a um rotor fundido em molde de cobre. As barras

de curto-circuito do rotor em gaiola consistem em um material com uma condutividade específica mais alta do que o material dos anéis de curto-circuito.

[0012] Em uma modalidade vantajosa da invenção, por exemplo, o alumínio pode ser usado para o primeiro material dos anéis de curto-circuito e o cobre para o segundo material das barras de curto-circuito. Os anéis de curto-circuito feitos de alumínio podem já ser fundidos de metal derretido em uma temperatura de aproximadamente 600°C, por meio da qual este processo pode ser controlado de maneira muito eficiente. Devido às barras de curto-circuito muito condutivas, a eficiência do rotor em gaiola é muito boa. Com o uso vantajoso do alumínio como o primeiro material, adicionalmente, o momento da inércia do rotor em gaiola, por exemplo, em comparação com um rotor de cobre sólido, é notoriamente reduzido, o que resulta em um aumento na dinâmica da máquina dynamics e um aperfeiçoamento adicional na eficiência, em particular, nas aplicações altamente dinâmicas.

[0013] A invenção é baseada no reconhecimento de que tal rotor em gaiola de construção híbrida pode ser adicionalmente melhorado com relação a seu comportamento de operação quando o núcleo laminado do rotor tiver um desenho chanfrado. Por meio de tal chanfro, as ondas harmônicas no campo magnético giratório são evitadas, o ruído reduzido e a ondulação de torque notoriamente reduzida.

[0014] Um chanfro pode ser produzido pelo núcleo laminado do rotor, que já é fornecido com as barras de curto-circuito, que são chanfradas. Quando se usa as barras retas, no entanto, o fator de enchimento de ranhura é reduzido. Isso é porque um chanfro do núcleo laminado do rotor fornecido com a barra de curto-circuito só é possível quando um determinado espaço permanece nas ranhuras depois de inserir as barras de curto-circuito.

[0015] De acordo com a invenção, portanto, o enchimento das ra-

nhuras com as barras de curto-circuito do segundo material mais condutivo pode ser aumentado pelas barras de curto-circuito que já possuem um chanfro antes da inserção no núcleo laminado do rotor, tal que, antes de uma aplicação do primeiro material fundido, elas podem ser inseridas substancialmente sem distorção no núcleo laminado do rotor chanfrado, para que elas encham quase completamente uma região da ranhura interna vista na direção radial, para que, durante o processo de fundição, o primeiro material não seja capaz de penetrar na região da ranhura interna. Isso tem o resultado de que, quase exclusivamente, as barras de curto-circuito feitas do segundo material relativamente condutivo sejam dispostas na região interna radial do núcleo laminado do rotor, enquanto a seção transversal residual remanescente das ranhuras seja capaz de ser cheia com o primeiro material. Como o primeiro material é menos condutivo do que o segundo material, as barras de partida para a máquina assíncrona podem ser formadas com muita facilidade desta maneira. É a finalidade dessas barras de partida produzir uma resistência elétrica maior durante a partida da máquina assíncrona. Conforme durante a partida, devido ao efeito de película, a corrente é deslocada no rotor em gaiola da região interna para a região externa, neste momento a corrente flui primariamente na região externa radial da ranhura, onde o primeiro material está localizado.

[0016] No entanto, se as barras de partida não forem desejadas, vantajosamente, a seção transversal das barras de curto-circuito também pode ser selecionada para que as barras chanfradas encham completamente as ranhuras. Desta maneira, o fator de enchimento de cobre máximo possível é obtido.

[0017] Em uma modalidade muito vantajosa da invenção, o enchimento de uma seção transversal residual das ranhuras que permanece depois da inserção das barras de curto-circuito é obtido pelas

ranhuras, que são fornecidas com as barras de curto-circuito, que são cheias com o primeiro material por meio de um método de fundição em molde e os anéis de curto-circuito que são produzidos por meio do método de fundição em molde. A fim de produzir as barras de partida mencionadas anteriormente, as barras de curto-circuito são inseridas nas ranhuras tal que uma região externa da ranhura, quando vista na direção radial do rotor em gaiola, é cheia com o primeiro material através de fundição em molde. Desta maneira, por exemplo, em uma modalidade adicionalmente vantajosa, as barras de curto-circuito produzidas a partir de cobre estão localizadas na região da ranhura interna e, assim, formam as barras de operação da máquina assíncrona, enquanto as barras de partida de alumínio fundido em molde são dispostas na região externa da ranhura. Neste caso, os anéis de curto-circuito também podem ser vantajosamente produzidos a partir de alumínio, por meio do qual um rotor de curto-circuito relativamente leve em peso e, então, menos lento resulta no geral.

[0018] Em uma modalidade vantajosa da invenção, uma redução particularmente marcada do conteúdo de onda harmônica no campo giratório, da ondulação de torque e do ruído da máquina é alcançada pelo chanfro que corresponde a um passo da ranhura.

[0019] Em uma modalidade vantajosa da invenção, evitar as perdas de corrente parasita e perdas de histerese no rotor em gaiola é alcançado pelo método que inclui adicionalmente a produção do núcleo laminado do rotor ao empilhar folhas elétricas na direção axial, em que as folhas elétricas são torcidas uma com relação à outra, tal que o chanfro mencionado anteriormente se resulta.

[0020] Uma máquina assíncrona que compreende um estator com um enrolamento de estator e um rotor em gaiola, que é configurado de acordo com uma das modalidades reveladas acima, é capaz de ser produzido de maneira com custo-benefício consideravelmente melhor

do que um rotor fundido em molde de cobre, mas satisfaz os padrões de eficiência que não podem mais ser alcançados por um rotor fundido em molde de alumínio, que é relativamente fácil de produzir e tem excelentes propriedades de operação como um resultado do chanfro de acordo com a invenção. A eficiência da máquina é particularmente alta, à medida que, ao pré-torcer as barras de curto-circuito, toda a região da ranhura interna é completamente cheia com as barras de curto-circuito.

[0021] A invenção é descrita e explicada em mais detalhes daqui em diante com referência às modalidades exemplificativas mostradas nas figuras, nas quais:

[0022] A figura 1 mostra uma vista frontal de uma barra de curto-circuito torcida para a inserção nas ranhuras de um núcleo laminado do rotor de acordo com uma modalidade da invenção,

[0023] A figura 2 mostra uma vista em 3D da barra de curto-circuito de acordo com a figura 1,

[0024] A figura 3 mostra um núcleo laminado do rotor de acordo com uma modalidade da invenção na vista lateral,

[0025] A figura 4 mostra uma vista frontal do núcleo laminado do rotor de acordo com a figura 3,

[0026] A figura 5 mostra uma vista seccional do núcleo laminado do rotor de acordo com a figura 4 com as barras de curto-circuito retas,

[0027] A figura 6 mostra uma vista seccional do núcleo laminado do rotor de acordo com a figura 4 com as barras de curto-circuito pré-torcidas,

[0028] A figura 7 mostra as barras de curto-circuito retas em uma vista em 3D,

[0029] A figura 8 mostra as barras de curto-circuito pré-torcidas em uma vista em 3D,

[0030] A figura 9 mostra uma seção através de um núcleo lamina-

do do rotor chanfrado que compreende as folhas elétricas axialmente empilhadas e

[0031] A figura 10 mostra uma máquina assíncrona que compreende um rotor em gaiola de acordo com uma modalidade da invenção.

[0032] As figuras 1 e 2 mostram uma barra de curto-circuito torcida 3 para a inserção nas ranhuras de um núcleo laminado do rotor de acordo com uma modalidade da invenção. A torção da barra de curto-circuito 3 é representada por um ângulo de rotação 13 que caracteriza um deslocamento causado pela torção das duas extremidades da barra de curto-circuito na direção periférica da máquina. Tal barra de curto-circuito 3 que é projetada, por exemplo, como uma barra de cobre, pode ser inserida quase sem distorção nas ranhuras de um núcleo laminado do rotor chanfrado.

[0033] Assim, a figura 3 mostra um núcleo laminado do rotor 5 de um rotor em gaiola 1 de acordo com uma modalidade da invenção em vista lateral. O percurso das ranhuras do núcleo laminado do rotor 5 produzido pelo chanfro é mostrado em linhas pontilhadas, e no qual as barras de curto-circuito são inseridas. Depois de inseridas essas barras de curto-circuito, em cada caso, os anéis de curto-circuito 6 são fundidos na face frontal do núcleo laminado do rotor 5. Durante este processo de fundição, as seções transversais residuais remanescentes nas ranhuras, que não são cheias com as barras de curto-circuito, são também cheias com o material fundido.

[0034] A figura 4 mostra uma vista frontal do núcleo laminado do rotor 5 de acordo com a figura 3. É uma vista seccional parcial na qual se pode ver que, como um resultado do chanfro, uma primeira extremidade da ranhura 14 na face frontal na direção periférica é disposta deslocada por exatamente uma arfagem da ranhura 9 de uma segunda extremidade da ranhura 15 na face frontal da mesma ranhura.

[0035] A figura 5 mostra uma vista seccional do núcleo laminado

do rotor 5 de acordo com a figura 4 com as barras de curto-circuito retas 11. O esboço das ranhuras 4 mostrado é capaz de ser produzido ou pelas barras de curto-circuito retas 11 que são inseridas em um núcleo laminado do rotor 5, que ainda não é chanfrado ou subseqüentemente o núcleo laminado do rotor 5 já carregado que é chanfrado por meio de torção. Neste caso, as barras de curto-circuito 11 são, de maneira correspondente, levadas para uma posição inclinada. No entanto, um espaço livre 16 é produzido em uma região da ranhura interna radial 7 que tem o resultado de que o fator de enchimento de ranhura é reduzido na região da ranhura interna 7. Um método de produção no qual as barras de curto-circuito retas 11 são inseridas em um núcleo laminado do rotor já chanfrado 5 produz um efeito semelhante.

[0036] Também pode ser visto na figura 5 que uma região externa radial da ranhura 8 é cheia com o primeiro material. Quanto a este material, que é preferivelmente um material fundido em molde de alumínio, tem uma condutividade elétrica menor com relação às barras de curto-circuito 11, as barras de partida são produzidas desta maneira para a máquina assíncrona.

[0037] O uso de barras retas 11 tem a desvantagem de que a região de enchimento da ranhura é reduzida na região da ranhura interna radial 7.

[0038] A figura 6 mostra uma vista seccional do núcleo laminado do rotor 5 de acordo com a figura 4 com as barras de curto-circuito 12 torcidas. É claramente visível que, neste caso, toda a região da ranhura interna 7 é cheia com a barra de curto-circuito 12 que é, em particular, uma barra de cobre torcida. Este alto nível de enchimento da ranhura resulta na maior eficiência possível. Na região externa radial da ranhura 8, uma barra de partida feita de material fundido em molde de alumínio é produzida sucessivamente. Devido ao enchimento de quase cem por cento da ranhura na região da ranhura interna radial 7 com

a barra de cobre, o material fundido em molde de alumínio é localizado quase exclusivamente na região externa da ranhura 8 e forma neste ponto a alta resistência ôhmica desejada da gaiola de curto-circuito no período de torque de partida.

[0039] A figura 7 mostra a barra de curto-circuito reta 11 que foi inserida no núcleo laminado do rotor 5 de acordo com a figura 5. Em contrapartida, a figura 8 mostra a barra de curto-circuito já torcida 12 com a qual, de acordo com a figura 6, o maior enchimento da ranhura possível pode ser alcançado.

[0040] A figura 9 mostra uma seção através de um núcleo laminado do rotor chanfrado que compreende as folhas elétricas axialmente empilhadas 10. As folhas elétricas 10 são, neste caso, torcidas com relação uma à outra para que a inclinação desejada da ranhura seja produzida, por exemplo, por exatamente uma arfagem da ranhura. O núcleo laminado do rotor pode ser produzido a partir das folhas elétricas 10 mostradas, por meio de empacotamento por punção. Alternativamente, o núcleo laminado do rotor pode ser produzido ao empilhar as folhas elétricas 10 em um mandril de puxar com uma fenda de puxar inclinada.

[0041] A figura 10, por fim, mostra uma máquina assíncrona 2 que compreende um rotor em gaiola de acordo com uma modalidade da invenção. Devido à construção híbrida da dita máquina assíncrona 2 que tem um rotor em gaiola feito de barras de cobre, que são conectadas juntas na face frontal através de anéis fundidos em molde de alumínio, altos níveis de eficiência são alcançados. À medida que o rotor em gaiola é de desenho chanfrado, a máquina assíncrona tem um conteúdo excepcionalmente baixo de onda harmônica, tem ruído muito baixo e é caracterizada por baixa ondulação de torque.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para produzir um rotor em gaiola (1) para uma máquina assíncrona (2) que possui as seguintes etapas do método:

- chanfrar um núcleo laminado do rotor (5) com ranhuras (4),

- inserir barras de curto-circuito (3; 11; 12) de um segundo material nas ranhuras (4) do núcleo laminado do rotor chanfrado (5),

- fundir os anéis de curto-circuito (6) feitos de um primeiro material com uma condutividade elétrica específica menor do que a do segundo material na face frontal do núcleo laminado do rotor (5),

caracterizado pelo fato de que antes da inserção nas ranhuras (4) as barras de curto-circuito (3; 11; 12) apresentam um chanfro tal que elas podem ser inseridas substancialmente livre de distorção no núcleo laminado do rotor chanfrado (5) antes de uma aplicação do primeiro material fundido, tal que elas quase completamente enchem uma região da ranhura interna (7) vista na direção radial, para que, durante o processo de fundição, o primeiro material seja incapaz de penetrar na região da ranhura interna (7).

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as ranhuras (4) fornecidas com as barras de curto-circuito (3; 11; 12) são cheias com o primeiro material por um método de fundição em molde e os anéis de curto-circuito (6) são produzidos por meio do método de fundição em molde.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que as barras de curto-circuito (3; 11; 12) são inseridas nas ranhuras (4) tal que uma região externa da ranhura (8) vista na direção radial do rotor em gaiola (1) é cheia com o primeiro material através da fundição em molde.

4. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que alumínio é usado como

primeiro material e cobre é usado como segundo material.

5. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que o chanfro corresponde a uma arfagem da ranhura (9).

6. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que o método compreende adicionalmente uma produção do núcleo laminado do rotor (5) ao empilhar folhas elétricas (10) na direção axial, sendo que as folhas elétricas (10) são dispostas torcidas uma com relação à outra para que o dito chanfro se resulte.

7. Rotor em gaiola (1) para uma máquina assíncrona (2), sendo que o rotor em gaiola (1) compreende

- um núcleo laminado do rotor (5) com ranhuras (4),
- anéis de curto-circuito (6) de um primeiro material fundido na face frontal do núcleo laminado do rotor (5), e
- barras de curto-circuito (3; 11; 12) dispostas nas ranhuras (4) de um segundo material com uma condutividade elétrica específica maior do que a do primeiro material,

sendo que o núcleo laminado do rotor (5) e as barras de curto-circuito (3; 11; 12) apresentam um chanfro,

caracterizado pelo fato de que

as barras de curto-circuito (3; 11; 12) quase completamente enchem uma região da ranhura interna (7) vista na direção radial do núcleo laminado do rotor (5), sendo que quando se produz o rotor em gaiola (1) antes da inserção nas ranhuras (4), as barras de curto-circuito (3; 11; 12) apresentam um chanfro tal que elas podem ser inseridas substancialmente livre de distorção no núcleo laminado do rotor chanfrado (5) antes de uma aplicação do primeiro material fundido, tal que elas quase completamente enchem uma região da ranhura interna (7) vista na direção radial, para que, durante o processo de fun-

dição, o primeiro material seja incapaz de penetrar na região da ranhura interna (7).

8. Rotor em gaiola (1), de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que as ranhuras (4) fornecidas com as barras de curto-circuito (3; 11; 12) são cheias com o primeiro material por um método de fundição em molde, sendo que os anéis de curto-circuito (6) são produzidos por meio do método de fundição em molde.

9. Rotor em gaiola (1), de acordo com a reivindicação 7 ou 8, caracterizado pelo fato de que a região das ranhuras (4) cheia com o primeiro material é disposta externamente, vista na direção radial do rotor em gaiola (1).

10. Rotor em gaiola (1), de acordo com qualquer uma das reivindicações 7 a 9, caracterizado pelo fato de que o primeiro material é alumínio e o segundo material é cobre.

11. Rotor em gaiola (1), de acordo com qualquer uma das reivindicações 7 a 10, caracterizado pelo fato de que o chanfro corresponde a uma arfagem da ranhura (9).

12. Rotor em gaiola (1), de acordo com qualquer uma das reivindicações 7 a 11, caracterizado pelo fato de que o núcleo laminado do rotor (5) compreende folhas elétricas (10) empilhadas na direção axial, sendo que as folhas elétricas (10) são dispostas torcidas uma com relação à outra tal que o dito chanfro se resulta.

13. Máquina assíncrona (2), caracterizado pelo fato de que compreende um estator com um enrolamento de estator e um rotor em gaiola (1), como definido em qualquer uma das reivindicações 7 a 12.

1/4

FIG 1

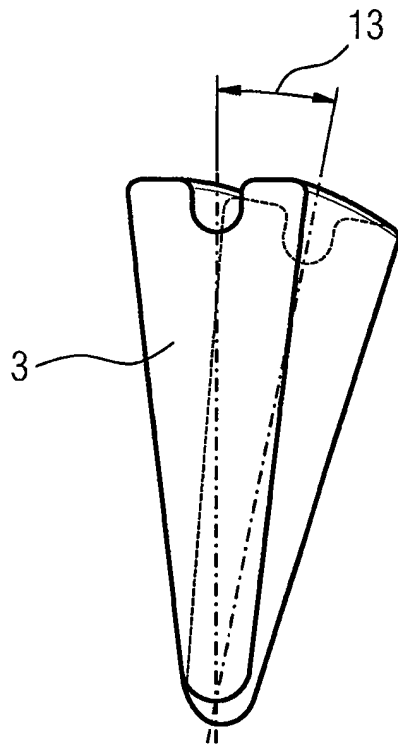


FIG 2

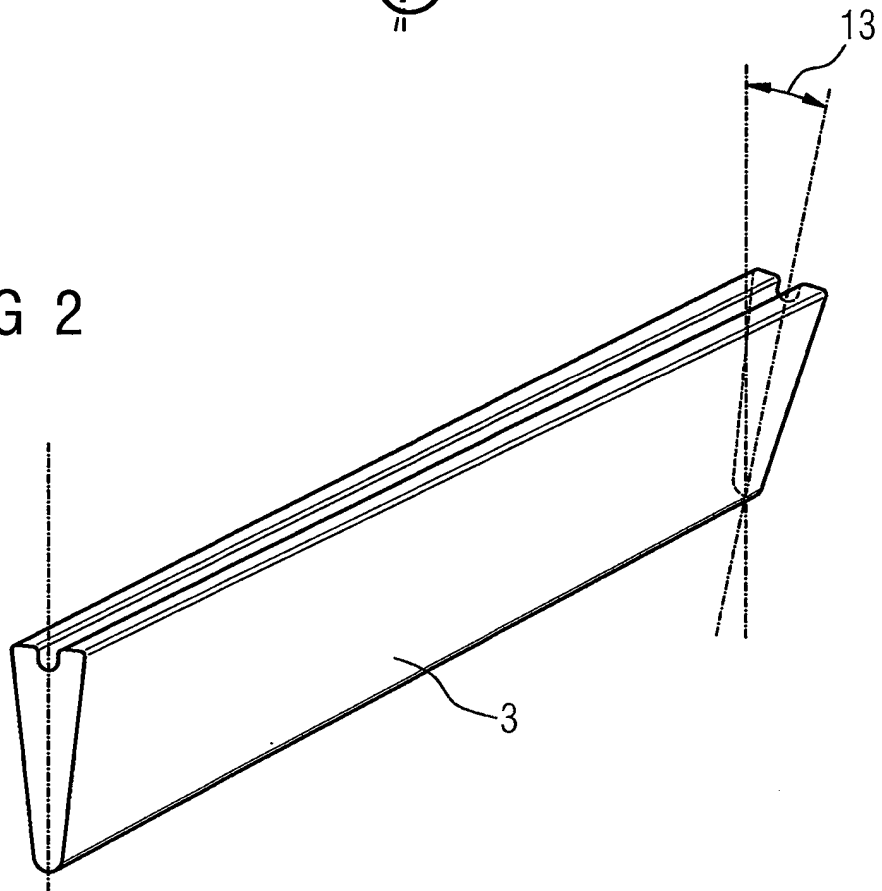


FIG 3

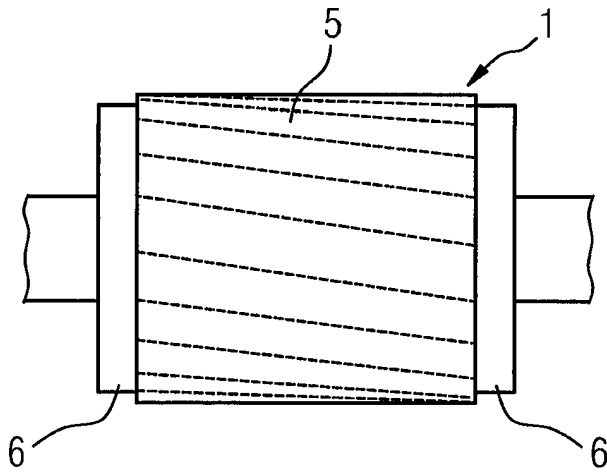


FIG 4

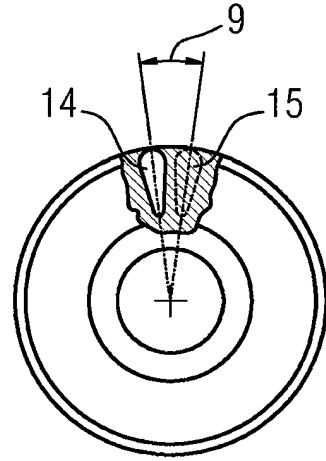
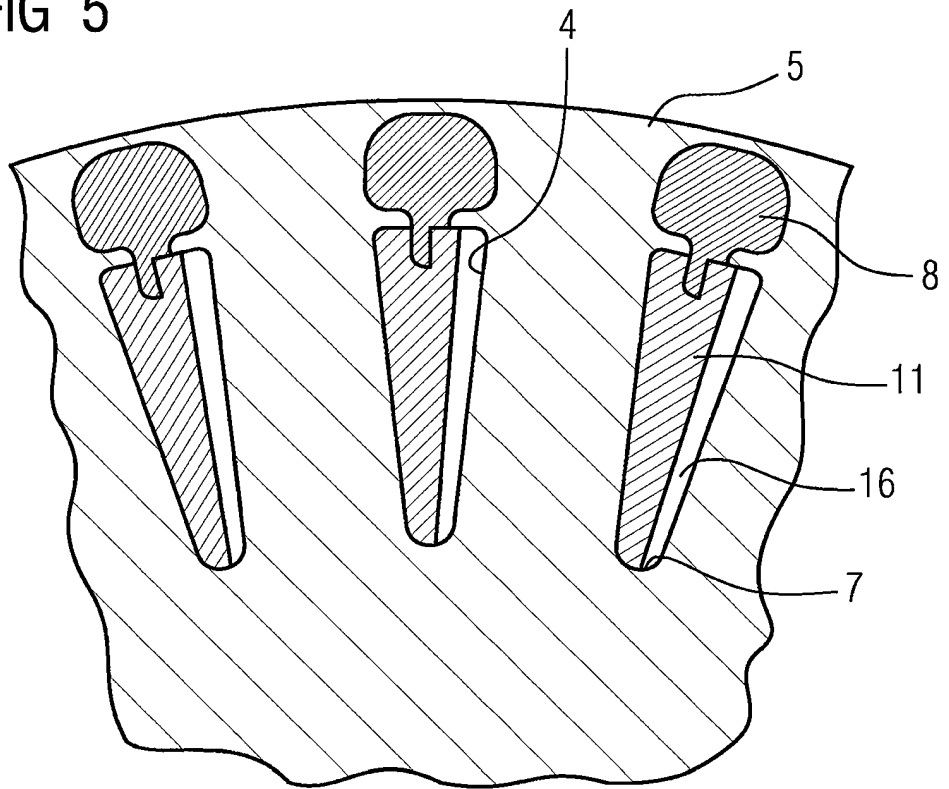


FIG 5



3/4

FIG 6

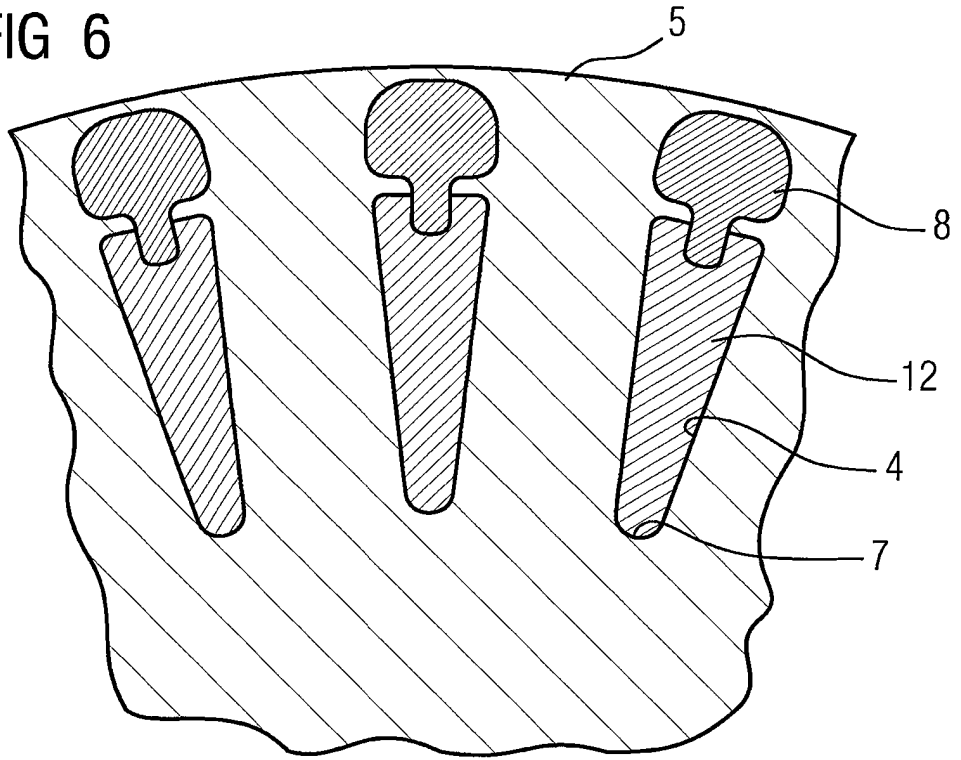


FIG 7

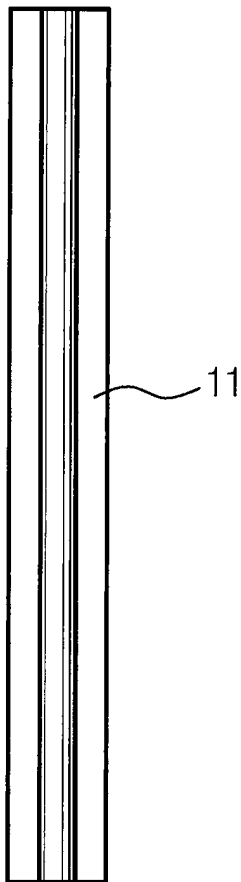


FIG 8

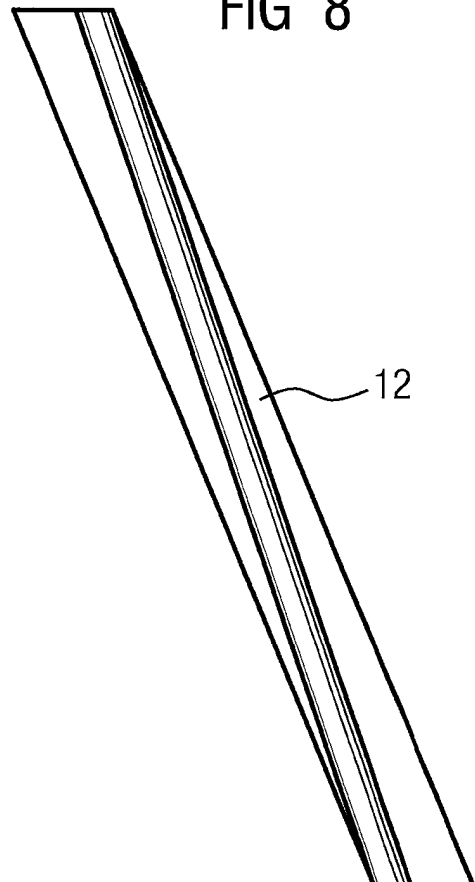


FIG 9

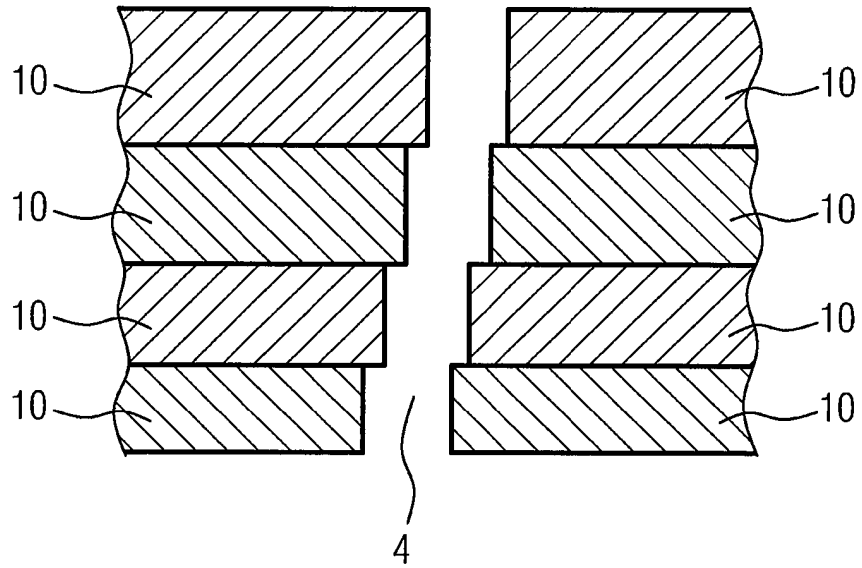


FIG 10

