



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

(11) PI 0620137-7 B1

(22) Data do Depósito: 24/11/2006

(45) Data de Concessão: 16/01/2018



(54) Título: ROTOR DE MÁQUINA ELÉTRICA GIRATÓRIA

(51) Int.Cl.: H02K 1/22

(30) Prioridade Unionista: 21/12/2005 FR 0513028

(73) Titular(es): VALEO EQUIPEMENTS ELECTRIQUES MOTEUR

(72) Inventor(es): JEAN-PHILIPPE BADEY

“ROTOR DE MÁQUINA ELÉTRICA GIRATÓRIA”

[0001] A invenção propõe um rotor de máquina elétrica que compreende pelo menos um elemento magnético que é disposto entre dois dentes adjacentes, e que é realizado em várias partes.

[0002] A invenção propõe mais especialmente um rotor de máquina elétrica giratória que compreende duas rodas polares das quais cada uma delas se estende globalmente radialmente em relação ao eixo principal do rotor, e compreende uma série de dentes axiais, da qual cada dente se estende axialmente para o interior a partir da roda polar associada, na direção da outra roda polar, de maneira que cada dente de uma roda polar está situado no espaço que existe entre dois dentes consecutivos da outra roda polar e pelo menos um elemento magnético de orientação principal longitudinal que é disposto transversalmente entre dois dentes adjacentes que pertencem respectivamente a cada roda polar, e que compreende pelo menos um ímã.

[0003] De acordo com um modo de realização conhecido, por exemplo como descrito nos documentos EP-A-0.762.617 e FR-A-2.784.248, o rotor compreende ímãs dispostos transversalmente entre os dentes axiais.

[0004] Os ímãs têm como função principal reduzir as fugas de fluxo magnético ao nível do espaço entre dois dentes adjacentes, assim como reforçar o fluxo magnético pela criação de um fluxo de ímã próprio. Assim, as propriedades magnéticas gerais do rotor serão determinadas em parte pelos ímãs.

[0005] O número de ímãs colocados em um rotor é variável e depende das características procuradas para a máquina elétrica giratória. É assim possível realizar máquinas que têm um número de ímãs diferente.

[0006] Assim, por ocasião da realização de duas séries de rotores entre os quais somente o número de ímãs difere, as modificações da instalação de montagem dos rotores para a troca de série poderiam ser grandes demais para serem rentáveis.

[0007] É por essa razão que é geralmente preferido realizar rotores que permitem conservar o mesmo número de ímãs para todas as séries de rotor. Em consequência disso, os rotores de certas séries compreendem mais ímãs do que

são necessários.

[0008] O fluxo magnético produzido pelos ímãs que são montados nesses rotores, é então superior àquele necessário, e os desempenhos do rotor não são otimizados em relação a sua utilização prevista.

[0009] A invenção tem como objetivo propor um rotor que compreende um elemento magnético montado entre dois dentes adjacentes e cujo valor de fluxo magnético criado por esse elemento magnético é otimizados para a utilização desejada da máquina elétrica.

[0010] - Com esse objetivo, a invenção propõe um rotor caracterizado pelo fato de que o elemento magnético compreende pelo menos um calço de sustentação realizado em um material não magnético que é montado em uma face de extremidade transversal do ímã, e meios de ligação do calço com o ímã.

[0011] De acordo com outras características da invenção:

- o elemento magnético compreende dois calços distribuídos transversalmente de um lado e de outro do ímã;
- o elemento magnético compreende dois ímãs distribuídos transversalmente de um lado e de outro do calço;
- e elemento magnético compreende um calço externo que é montado na face de extremidade radial externa do ímã;
- as dimensões do ímã e as dimensões do calço são determinadas em função das dimensões do elemento magnético e em função das propriedades magnéticas globais do elemento magnético;
- a relação entre a largura do ímã sobre a largura do elemento magnético está compreendida entre 0,4 e 1;
- o calço é ligado ao ímã por intermédio de uma camada de cola disposta entre o calço e o ímã;
- o calço é ligado ao ímã por sobre-moldagem de material não magnético em torno de pelo menos uma parte do ímã;
- o calço é realizado moldado solidariamente com os meios de ligação.

[0012] As faces laterais dos dentes das rodas polares compreendem

vantajosamente cada uma delas uma canelura que se estende de acordo com a direção longitudinal das faces laterais.

[0013] O ímã é por exemplo realizado pelo menos parcialmente em terras-raras.

[0014] O calço pode ser cheio de maneira a que nenhuma passagem de ar seja formada entre o ímã e a face lateral do dente da roda polar.

[0015] Em variante, o calço pode ser disposto para formar pelo menos uma passagem de ar entre o ímã e a face lateral do dente para permitir um resfriamento do ímã.

[0016] O calço pode ser realizado pelo menos parcialmente em matéria termoendurecível ou termoplástica.

[0017] Em variante, o calço é realizado pelo menos parcialmente em alumínio.

[0018] Outras características e vantagens da invenção aparecerão com a leitura da descrição detalhada que se segue para a compreensão da qual será feito referência às figuras anexas entre as quais:

- a figura 1 é uma representação esquemática em perspectiva de um rotor que compreende elementos magnéticos;

- a figura 2 é uma vista em escala ampliada em seção de acordo com um plano radial transversal do rotor representado na figura 1, que mostra a estrutura do elemento magnético;

- as figuras 3 a 5 são vistas similares àsquelas da figura 2, que mostram variantes de realização do elemento magnético;

- a figura 6 representa a evolução da relação "B/Br" em função da relação "La/Lg" a 20°C e 120°C;

- a figura 7 representa a característica magnética do ímã que pertence ao elemento magnético.

[0019] Foi representado na figura 1 um rotor 10 de máquina elétrica giratória que é montado solidário de uma árvore central (não representada) com rotação em torno do eixo principal A do rotor 10.

[0020] O rotor 10 é um rotor de garras, que compreende notadamente duas rodas polares 12 axialmente justapostas e que apresentam cada uma delas um

flange radial 14 de forma anular provido em sua periferia exterior de garras 16.

[0021] Uma bobina de excitação (não representada) é implantada axialmente entre os flanges 14 das rodas polares 12.

[0022] Cada garra 16 compreende um segmento de enraizamento 18 que é prolongado em sua periferia exterior por um dente 20 de orientação global axial.

[0023] Um entreferro anular existe entre a face periférica exterior 20e dos dentes 20 e a periferia interior do corpo do estator 16.

[0024] Os dentes 20 são globalmente de forma trapezoidal e são dirigidos axialmente para o flange 14 da outra roda polar 12, o dente 20 de uma roda polar 12 penetrando no espaço que existe entre dois dentes 20 consecutivos da outra roda polar 12, de modo que os dentes 20 das rodas polares 12 sejam imbricados.

[0025] De maneira conhecida em si, cada dente 20 compreende duas faces laterais 22 das quais cada uma delas se estende paralelamente e à distância de uma face lateral 22 confrontante de um segundo dente 20 adjacente, e que pertence à outra roda polar 12.

[0026] Na seqüência, um primeiro dente 20 que pertencem a uma roda polar 12, e um segundo dente 20 que pertence à outra roda 12, que possuem cada um deles uma face lateral 22 confrontante à face lateral 22 do outro dente 20, serão designados como sendo dois dentes 20 adjacentes.

[0027] Como pode ser visto nas figuras 2 a 4, o rotor 10 compreende elementos magnéticos 24 interpostos entre dois dentes 20 adjacentes, que reduzem as fugas de fluxo magnético ao nível do espaço entre dois dentes 20 adjacentes, e que contribuem para reforçar o fluxo magnético.

[0028] De acordo com um modo de realização preferido, o número desses elementos magnéticos 24 é determinado de modo que ele seja inferior ao número de pólos do rotor 10 e que a disposição dos mesmos seja simétrica em relação ao eixo do rotor 10. São por exemplo previstos quatro pares de elementos magnéticos 24 para oito pares de pólos.

[0029] Na descrição que vai se seguir, será feito referência a dois dentes 20 adjacentes e ao elemento magnético 24 associado que é disposto entre esses dois

dentes 20. Além disso, serão adotadas a título não limitativo as orientações vertical e transversal de acordo com a referência V, T indicada nas figuras 2 a 5 para as quais a orientação vertical corresponde à orientação radial em relação ao eixo principal A do rotor 10 que passa por um plano mediano do elemento magnético 24 e a orientação transversal corresponde à normal à face lateral 22 dos dois dentes 20 adjacentes, a orientação longitudinal que corresponde ao eixo principal do elemento magnético 24.

[0030] Os dentes 20 sendo idênticos, será compreendido que essa descrição se aplica de maneira idêntica aos outros dentes 20.

[0031] Como pode ser visto mais em detalhes nas figuras 2 e seguintes, as faces laterais 22 confrontantes dos, opostas aos, dois dentes 20 compreendem cada uma delas uma canelura 26, ou ranhura, que se estende de acordo com a direção longitudinal da face lateral 22.

[0032] A seção de cada canelura 26 de acordo com um plano vertical transversal tem a forma de “U” aberto transversalmente na direção da outra canelura 26, e a canelura 26 compreende um fundo 26a vertical e duas abas transversais 26b que são aqui paralelas.

[0033] As duas caneluras 26 dos dois dentes 20 adjacentes delimitam assim um alojamento longitudinal no qual o elemento magnético 24 é alojado.

[0034] De acordo com a invenção, cada elemento magnético 24 é realizado em várias partes, e ele compreende pelo menos um ímã permanente 28, pelo menos um calço de sustentação 30, e meios de ligação do calço de sustentação 30 com o ímã permanente 28.

[0035] Cada ímã 28 é realizado de maneira convencional, por sinterização de pó magnético ou por usinagem de um bloco de material magnético.

[0036] Cada calço de sustentação 30 é realizado em um material não magnético que é definido de maneira que o calço de sustentação 30 não tenha nenhuma influência sobre as propriedades magnéticas do elemento magnético 24. Por exemplo, o calço de sustentação 30 é realizado em matéria plástica ou em alumínio.

[0037] Assim, o calço 30 contribui para a criação de um entreferro suplementar.

[0038] O calço 30 é montado em uma face vertical de extremidade transversal 28a confrontante do ímã 28.

[0039] Posteriormente à união dos ímãs 28 e dos calços 30 para formar um elemento magnético 24, o elemento magnético 24 é em seguida colocado em um campo magnético de maneira a proceder à imantação do elemento magnético 24.

[0040] Aqui, o elemento magnético 24 tem uma forma globalmente paralelepípedica, assim como o ímã 28 e o calço 30.

[0041] De acordo com um primeiro modo de realização da invenção representado na figura 2, o elemento magnético 24 compreende um só ímã 28 e um só calço 30, que são cada um deles dispostos em uma extremidade transversal do elemento magnético 24. Além disso, o ímã 28 e o calço 30 são cada um deles recebidos em uma canelura 26 associada.

[0042] Foi representado na figura 3 um segundo modo de realização da invenção de acordo com o qual o elemento magnético 24 compreende dois ímãs 28 e um só calço 30. Além disso, os dois ímãs 28 são dispostos transversalmente de um lado e de outro do calço 30, e cada ímã 28 é recebido em uma canelura 26 associada.

[0043] Foi representado na figura 4 um terceiro modo de realização da invenção de acordo com o qual o elemento magnético 24 compreende dois calços 30 e um só ímã 28. Além disso, os dois calços 30 são dispostos transversalmente de um lado e de outro do ímã 28, e cada calço 30 é recebido em uma canelura 26 associada.

[0044] A realização do elemento magnético 24 a partir de dois elementos que possuem propriedades magnéticas diferentes permite ajustar o fluxo magnético global criado pelos elementos magnéticos 24.

[0045] De fato, o fluxo magnético global criado pelos elementos magnéticos 24 corresponde à soma dos fluxos magnéticos criados por cada elemento magnético.

[0046] O fluxo magnético criado por cada elemento magnético é igual ao produto da densidade de fluxo de funcionamento “B” do elemento magnético pela superfície “S” confrontante entre o ímã do elemento magnético e a superfície da garra.

[0047] “B” é determinado a partir da curva de imantação da figura 7 e

corresponde à ordenada do ponto C de contato entre a característica magnética do ímã 28 (curva Ω) e a reta Δ cuja inclinação é notadamente ligada aos entreferros do caminho principal atravessado pelo fluxo e à largura “La” do ímã 28.

[0048] Os entreferros compreendem, por exemplo, o espaço situado entre a face periférica exterior 20e dos dentes 20 e a periferia interior do corpo do estator 16.

[0049] “Br” corresponde à densidade do fluxo remanescente quando o campo magnético H é nulo.

[0050] Assim, quanto maior for a dimensão transversal “La” de cada ímã, mais a reta Δ tende na direção do eixo das ordenadas. A densidade magnética de funcionamento “B” do ímã tende então para “Br” e o fluxo magnético criado pelo elemento magnético 24 é aumentado.

[0051] Assim, de acordo com a invenção, as dimensões do ímã 28, ou dos dois ímãs 28 que formam o elemento magnético 24 são determinadas em função do valor do fluxo magnético que se deseja obter.

[0052] As dimensões do elemento magnético 24, principalmente sua largura transversal “Lg” são determinadas em função das dimensões das duas caneluras 26, de maneira que a largura transversal “Lg” do elemento magnético é sensivelmente igual à distância entre os fundos 26a das duas caneluras 26.

[0053] Assim, as dimensões de cada calço 30 são então determinadas em função das dimensões de cada ímã 26, de maneira a ajustar as dimensões do elemento magnético 24 às dimensões do alojamento definido pelas duas caneluras confrontantes.

[0054] Foi representada na figura 6 a variação da relação “B/Br” em função da relação “La/Lg”.

[0055] Como já foi precisado acima, “B” representa a densidade do fluxo de funcionamento do elemento magnético 24, “Br” representa a densidade do fluxo remanescente, “La” representa a largura do ímã 28 no elemento magnético 24, “Lg” representa a largura transversal do elemento magnético 24.

[0056] A densidade do fluxo remanescente corresponde à densidade do fluxo permanente que subsiste no ímã no final da fase de imantação.

[0057] Graças à curva da figura 6, é possível deduzir a largura “La” do ímã 28 de acordo com as propriedades magnéticas procuradas do elemento magnético 24, quer dizer de acordo com a densidade do fluxo de funcionamento procurado.

[0058] A evolução da relação “B/Br” em função da relação “La/Lg” é diferente de acordo com a temperatura à qual é submetido o elemento magnético 24.

[0059] Assim em T1, próximo de 20°, a característica da curva é linear. Em T2, próximo de 120°, a curva é em um primeiro tempo não linear quando a relação La/Lg é pequena, e depois se torna em seguida linear. De fato, a característica do ímã que pertence ao elemento magnético se degrada quando a temperatura aumenta. Essa degradação é acentuada quando a relação La/Lg é pequena.

[0060] Ora no decorrer do funcionamento da máquina, a temperatura do ímã é próxima de T2. Assim, trabalhando-se na parte linear da curva de T2, é possível adaptar a densidade do fluxo de funcionamento de acordo com a largura “La” da parte imantada.

[0061] A densidade do fluxo de funcionamento “B” mínimo é fixada pelo limite de funcionamento linear do ímã na temperatura T2.

[0062] Assim, em referência à curva de T2, deve-se trabalhar na parte da curva tal para que a relação “La/Lg” seja superior a 0,4. Evita-se assim desmagnetizar totalmente o ímã 28.

[0063] Pela curva de T2 é possível determinar mais facilmente as dimensões do ímã 28 em função da densidade do fluxo de funcionamento “B” desejado e de acordo com a distância “Lg” disponível entre as duas caneluras 26.

[0064] Será compreendido que quando o elemento magnético 24 compreende vários ímãs 28, como por exemplo no modo de realização representado na figura 3, a largura “La” de ímã 28 que é determinada de acordo com os modos de realização descritos acima, corresponde à soma das larguras de todos os ímãs 28 do elemento magnético 24.

[0065] De uma maneira geral, a utilização do elemento magnético 24 é especialmente vantajosa quando se deseja montar um elemento entre dois dentes 20 adjacentes cujo valor da densidade do fluxo de funcionamento é inferior ao valor

da densidade do fluxo de funcionamento de um ímã cheio montado entre os dois dentes.

[0066] A utilização de pelo menos um calço 30 permite então adaptar as dimensões do elemento magnético 24 às dimensões das cancelas 26.

[0067] O calço 30 sendo realizado em um material não magnético, ele contribui para a criação de um entreferro suplementar.

[0068] Além disso, a utilização de um calço 30 no elemento magnético 24 permite também acrescentar certas propriedades mecânicas ao elemento magnético 24 em relação a um ímã cheio.

[0069] De fato, qualquer que seja seu método de realização, um ímã 28 é um elemento relativamente frágil. Em contrapartida, o calço 30 é realizado em um material deformável elasticamente.

[0070] Em consequência disso, a utilização de um calço 30 feito de material deformável elasticamente, para realizar o elemento magnético 24 permite compensar certas diferenças dimensionais do rotor 10 que resultariam por exemplo em um desvio radial de duas cancelas 26, quer dizer um defeito de alinhamento transversal, ou então em uma variação da distância entre os fundos 26a das duas cancelas 26.

[0071] De acordo com os modos de realização da invenção representados nas figuras 2 a 5, o calço de sustentação 30 é ligado a cada ímã 28 por intermédio de uma camada de cola 32.

[0072] A camada de cola 32 que liga o calço 30 ao ímã 28 é, ela também, realizada em um material não magnético. Além disso, de acordo com um aspecto preferido desses modos de realização, a camada de cola 32 é relativamente flexível, de maneira que ela também permita que o elemento magnético 24 assegure uma adaptação da forma do elemento magnético 24 às eventuais diferenças dimensionais do rotor 10.

[0073] De acordo com uma variante de realização não representada dos meios de ligação do calço 30 com o ímã 28, um material não magnético é sobre-moldado em torno do ímã 28 e em torno do calço 30.

[0074] De acordo com um modo de realização preferido dessa variante, o calço 30 é realizado moldado solidariamente com os meios de ligação, quer dizer que o calço 30 é realizado pelo menos em parte por sobre-moldagem de material não magnético em torno do ímã 28.

[0075] Quando a máquina elétrica que compreende o rotor 10 está em funcionamento, o rotor 10 gira em torno de seu eixo a uma velocidade elevada.

[0076] Em consequência disso, visto que os dentes 16 do rotor 10, e em consequência disso os elementos magnéticos 24, são dispostos ao nível das extremidades radiais externas dos flanges 14, cada elemento magnético 24 é submetido a uma força centrífuga elevada por ocasião da rotação do rotor 10.

[0077] Foi representada na figura 5 uma variante de realização da invenção de acordo com a qual o elemento magnético 24 compreende um calço externo 34 que se estende transversalmente em toda a largura “Lg” do elemento magnético 24 e que está apoiado verticalmente para cima contra a aba transversal superior 26b de cada canelura 26.

[0078] Assim, o calço externo é disposto radialmente entre cada ímã 28 e as abas transversais superiores 26b das caneluras 26.

[0079] Por ocasião da rotação do rotor 10, cada ímã se apóia contra ao calço externo 34, que amortece então os esforços de compressão do ímã 28 resultantes da força centrífuga assim como as eventuais deformações das rodas polares 12.

[0080] O elemento magnético 24 é próprio para ser montado em um rotor 10 convencional, em substituição a um ímã cheio. Além disso, a montagem do elemento magnético 24 em um rotor não necessita de nenhuma modificação das instalações de montagem do rotor 10, o que não gera consequentemente nenhum aumento do custo de realização da máquina elétrica giratória.

[0081] O rotor que acaba de ser descrito compreende elementos magnéticos 24 que são de forma paralelepípedica. Será compreendido que a invenção não está limitada a esse modo de realização e que os elementos magnéticos 24 podem ter uma forma diferente, por exemplo eles podem ter uma seção transversal em forma de losango.

REIVINDICAÇÕES

1. Rotor (10) de máquina elétrica giratória que compreende:

- duas rodas polares (12) das quais cada uma delas se estende globalmente radialmente em relação ao eixo principal do rotor (10), e compreende uma série de dentes (20) axiais, da qual cada dente (20) se estende axialmente para o interior a partir da roda polar (12) associada, na direção da outra roda polar (12), de maneira que cada dente (20) de uma roda polar (12) esteja situado no espaço que existe entre dois dentes (20) consecutivos da outra roda polar (12); e

- pelo menos um elemento magnético (24) de orientação principal longitudinal que é disposto transversalmente entre dois dentes (20) adjacentes que pertencem respectivamente a cada roda polar (12), e que compreende pelo menos um ímã (28),

caracterizado pelo fato de que o elemento magnético (24) compreende pelo menos um calço (30) de sustentação realizado em um material não magnético que é montado em uma face de extremidade transversal do ímã (28), e meios de ligação do calço (30) com o ímã (28) e no qual cada dente compreende duas faces laterais (22) das quais cada uma se estende paralelamente e à distância de uma face lateral (22) oposta a um segundo dente (20) adjacente e que pertence à outra roda polar, e em que as faces laterais (22) dos dentes das rodas polares compreendem cada uma uma canelura (26) que se estende na direção longitudinal da face lateral do dente e em que as duas caneluras (26) dos dois dentes opostas delimitam um alojamento longitudinal no qual o pelo menos um elemento magnético (24) é alojado.

2. Rotor (10) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o elemento magnético (24) compreende dois calços (30) distribuídos transversalmente de um lado e de outro do ímã (28).

3. Rotor (10) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o elemento magnético (24) compreende dois ímãs (28) distribuídos transversalmente de um lado e de outro do calço (30).

4. Rotor (10) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3,

caracterizado pelo fato de que o elemento magnético (24) compreende um calço externo (34) que é montado na face de extremidade radial externa do ímã (28).

5. Rotor (10) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que as dimensões (L_a) do ímã (28) e as dimensões do calço (30) são determinadas em função das dimensões (L_g) do elemento magnético (24) e em função das propriedades magnéticas globais do elemento magnético (24).

6. Rotor (10) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que a relação entre a largura (L_a) do ímã (28) sobre a largura (L_g) do elemento magnético (24) está compreendida entre 0,4 e 1.

7. Rotor (10) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que o calço (30) é ligado ao ímã (28) por intermédio de uma camada de cola (32) disposta entre o calço (30) e o ímã (28).

8. Rotor (10) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que o calço (30) é ligado ao ímã (28) por sobre-moldagem de material não magnético em torno de pelo menos uma parte do ímã (28).

9. Rotor (10) de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que o calço (30) é realizado moldado solidariamente com os meios de ligação.

10. Rotor (10) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, caracterizado pelo fato de que o ímã é por exemplo realizado pelo menos parcialmente em terras-raras.

11. Rotor (10) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, caracterizado pelo fato de que o calço é cheio de maneira que nenhuma passagem de ar seja formada entre o ímã e a face lateral (22) do dente da roda polar.

12. Rotor (10) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 11, caracterizado pelo fato de que o calço é realizado pelo menos parcialmente em matéria termoendurecível ou termoplástica.

13. Rotor (10) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 12, caracterizado pelo fato de que o calço é realizado pelo menos parcialmente em alumínio.

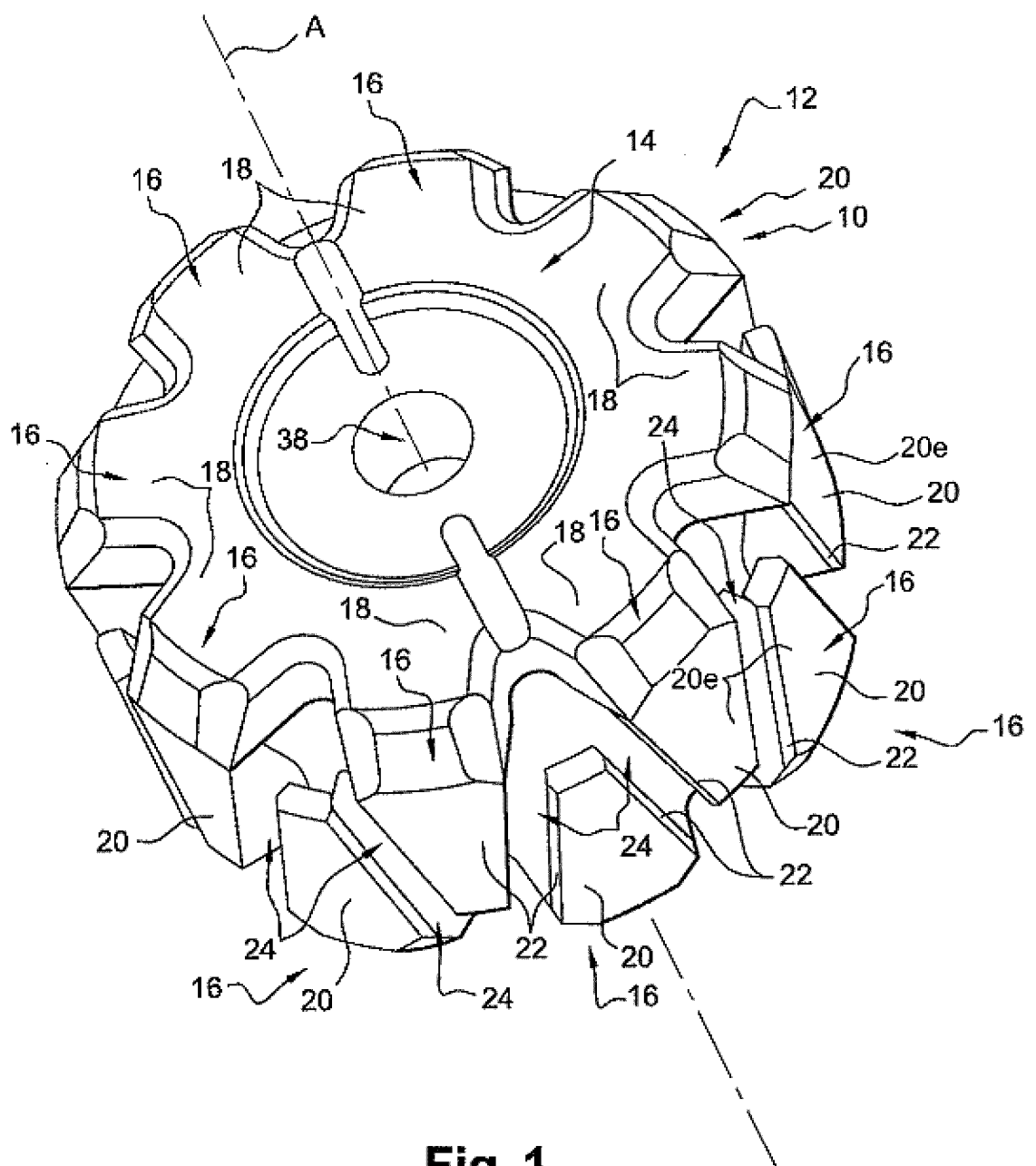
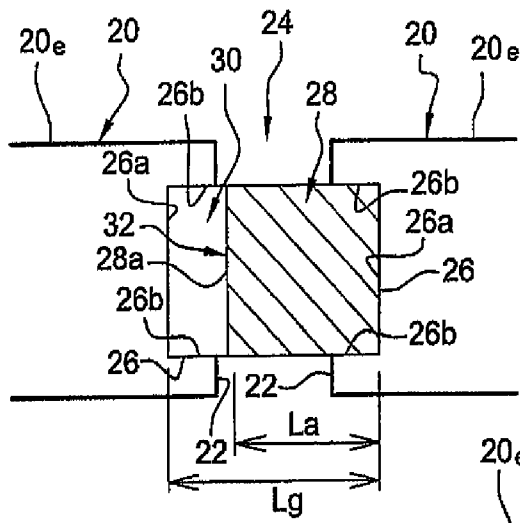
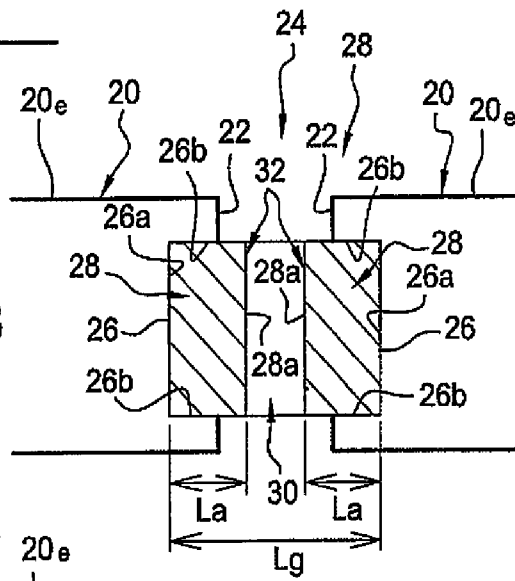
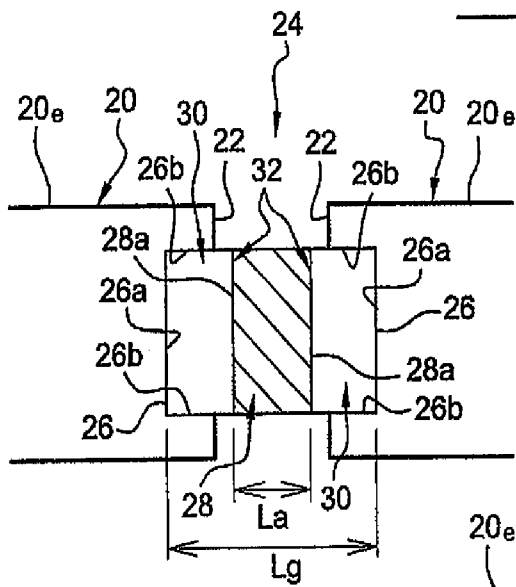
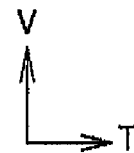
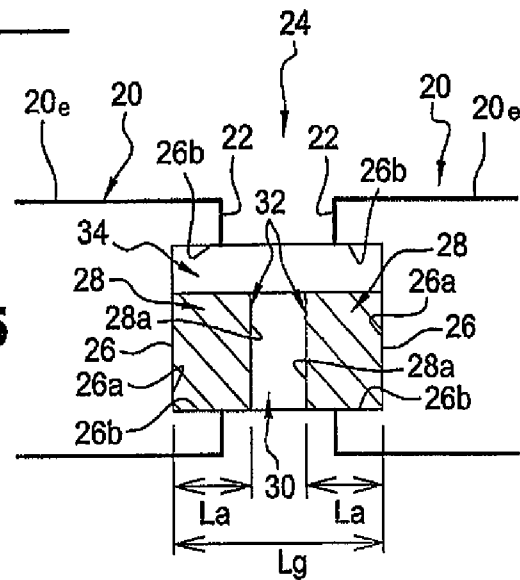


Fig. 1

**Fig. 2****Fig. 3****Fig. 4****Fig. 5**

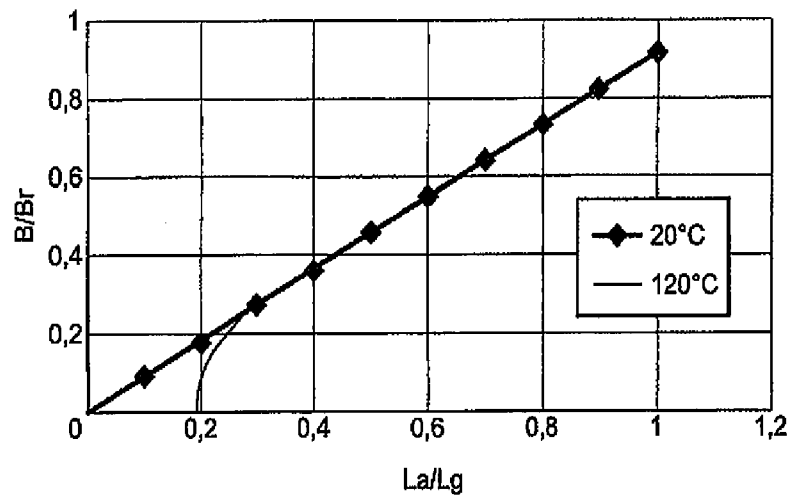


Fig. 6

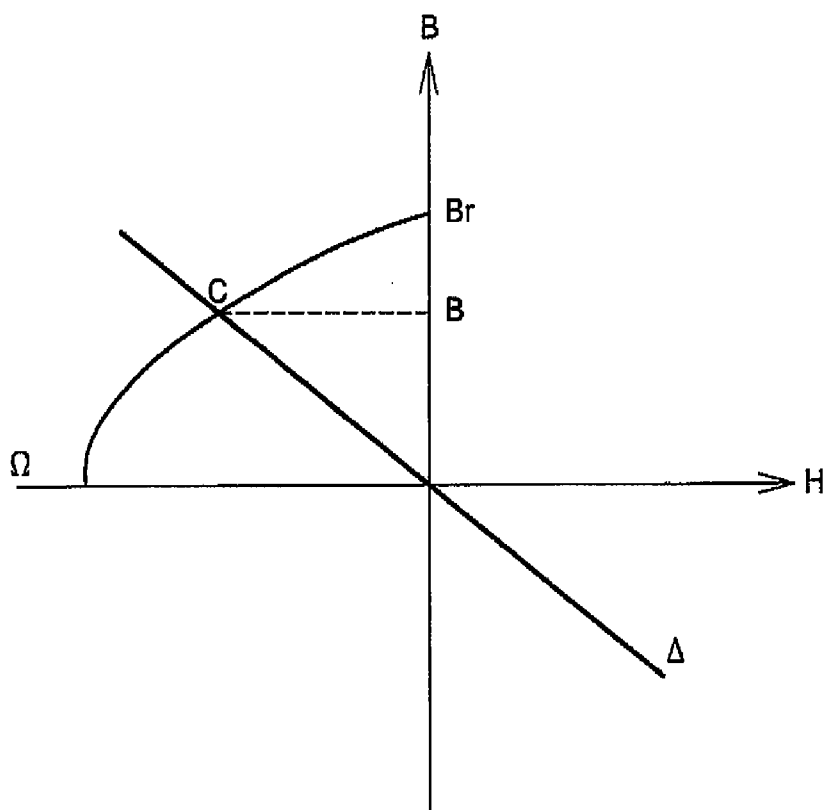


Fig. 7