



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

(21) **PI0708317-3 A2**

(22) Data de Depósito: 27/02/2007
(43) Data da Publicação: 24/05/2011
(RPI 2107)



(51) *Int.Cl.:*
H01F 27/24 2006.01
H01F 1/153 2006.01
H01F 30/00 2006.01

(54) Título: **TRANSFORMADOR AMORFO PARA FONTE DE ALIMENTAÇÃO ELÉTRICA**

(30) Prioridade Unionista: 28/02/2006 JP 2006-051754

(73) Titular(es): Hitachi Industrial Equipment Systems Co., Ltd.

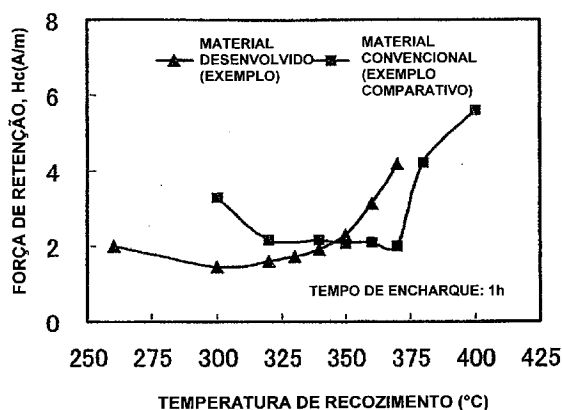
(72) Inventor(es): Katsuhito Yosshizawa, Kazuyuki Fukui, Koji Yamashita, Masamu Naoe, Yuichi Ogawa

(74) Procurador(es): Momsen, Leonardos & CIA.

(86) Pedido Internacional: PCT JP2007053581 de 27/02/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2007/09931 de 07/09/2007

(57) Resumo: TRANSFORMADOR AMORFO PARA FONTE DE ALIMENTAÇÃO ELÉTRICA Esta invenção fornece um transformador amorfo para fonte de alimentação elétrica usando um núcleo magnético formado de um material de liga amorfa, que, comparado com o material de liga amorfa convencional, tem uma menor temperatura de recozimento e um maior nível de propriedades magnéticas. O transformador amorfo para fonte de alimentação elétrica é provido com um núcleo magnético de uma tira fina de uma liga amorfa e um arame de enrolamento. O núcleo de ferro foi recozido em condições tais que a temperatura da parte central do núcleo de ferro é 300 a 340 °C e o tempo de retenção não é menor que 0,5 hora. Adicionalmente, para o núcleo de ferro, a força do campo magnético durante o recozimento depois da moldagem do núcleo de ferro não é menor que 800 A/m.



“TRANSFORMADOR AMORFO PARA FONTE DE ALIMENTAÇÃO ELÉTRICA”

CAMPO TÉCNICO

A presente invenção diz respeito a um transformador contendo
5 um núcleo de ferro composto de uma tira fina de liga amorfa e um enrolamento, e particularmente a um transformador amorfo para fonte de alimentação elétrica caracterizado pelo material do núcleo de ferro e o tratamento de recozimento do núcleo de ferro.

FUNDAMENTOS DA TÉCNICA

10 Convencionalmente, um transformador amorfo usando uma liga amorfa como o material do núcleo de ferro é conhecido. Neste transformador amorfo, tiras de película de liga amorfa são laminadas e dobradas em forma de U, e ambas as extremidades das tiras de película de liga amorfa são emendadas de topo ou sobrepostas para fornecer um núcleo
15 de ferro enrolado, e a perda de ferro pode ser menor que a de transformadores usando chapas de aço eletromagnético convencionais.

Entretanto, na estrutura do núcleo de ferro enrolado, ocorre tensões para prejudicar as propriedades magnéticas quando o material é dobrado. Portanto, é necessário submeter o núcleo de ferro ao tratamento de
20 recozimento em um campo magnético para aliviar a tensão a fim de melhorar as propriedades magnéticas. Com a realização do tratamento de recozimento, a recristalização começa no interior do material para levar à fragilização. isto aplica-se não somente a ligas amorfas, mas também a chapas de aço eletromagnético. Neste momento, as condições de recozimento têm uma
25 relação com a composição da liga e, para Metglas (R) 2605SA1 de um material convencional, o recozimento é realizado a uma temperatura de mais de 330 °C por 30 minutos ou mais. Também, no documento de patente 1, as condições de recozimento são decididas usando uma fórmula original.

REVELAÇÃO DA INVENÇÃO

Problema a ser solucionado pela invenção

Uma liga amorfa com uma composição diferente daquela de materiais comuns convencionais, em que a liga amorfa pode fornecer uma alta densidade de fluxo magnético e uma menor perda, foi desenvolvida por um dos requerentes deste pedido, e esta invenção foi depositada como o pedido de patente (Pedido de patente japonês no. 2005-62187). No pedido de patente para este material inédito, está basicamente descrita a composição, e as condições de recozimento detalhadas não são descritas. Entretanto, a composição do material inédito é diferente daquela dos materiais comuns convencionais. Nessas circunstâncias, existe uma possibilidade de que o tratamento de recozimento da liga amorfa referida seja diferente dos tratamentos de recozimento convencionais.

Portanto, é um objetivo da presente invenção selecionar as condições de recozimento ideais para o material inédito e fornecer um transformador amorfo para fonte de alimentação elétrica com menor perda do que transformadores que usam ligas amorfas convencionais.

MEIOS DE SOLUCIONAR O PROBLEMA

A presente invenção é um transformador amorfo para fonte de alimentação elétrica contendo um núcleo de ferro composto de uma tira fina de liga amorfa e um enrolamento, em que o núcleo de ferro foi submetido a tratamento de recozimento no qual a temperatura da porção central do núcleo de ferro durante o recozimento depois que o núcleo de ferro é formado e conformado é 300 a 340 °C, e o tempo de retenção é 0,5 hora ou mais.

Também, no transformador amorfo para fonte de alimentação elétrica, a força do campo magnético do núcleo de ferro da presente invenção durante o recozimento depois que o núcleo de ferro é formado e conformado é 800 A/m ou mais.

Adicionalmente, a tira fina de liga amorfa da presente

invenção preferivelmente contém uma liga amorfa com uma composição de liga expressa por $\text{Fe}_a\text{Si}_b\text{B}_c\text{C}_d$ (Fe: ferro, Si: silício, B; boro e C carbono, em que $80 \leq a \leq 83 \%$, $0, < b \leq 5 \%$, $12 \leq c \leq 18 \%$ e $0,01 \leq d \leq 3 \%$ em porcentagem atômica, e impurezas inevitáveis. A tira fina de liga amorfa com esta composição tem um alto B_s (isto é, densidade de fluxo magnético de saturação) e uma excelente propriedade de quadratura, de forma que, mesmo se a temperatura de recozimento for baixa, pode-se prover um núcleo magnético com propriedades superiores as de materiais convencionais. Uma tira fina de liga amorfa, na qual, quando a distribuição de concentração de C é medida da superfície livre e superfície de laminação da tira fina de liga amorfa para dentro, o valor de pico da distribuição de concentração de C fica a uma profundidade na faixa de 2 a 20 nm, é preferível como a tira fina de liga amorfa para o transformador amorfo para fonte de alimentação elétrica.

Os motivos para limitar a composição serão descritos a seguir.

A seguir, o símbolo descrito como "%" expressa % atômica.

Se o símbolo "a" que representa a quantidade de Fe for menor que 80 %, densidade de fluxo magnético de saturação suficiente como o material de núcleo de ferro não é obtida. Também, se "a" for mais que 83 %, a estabilidade térmica diminui, e portanto a tira fina de liga amorfa estável não pode ser fabricada. Em vista das circunstâncias, $80 \leq a \leq 83 \%$ é preferível. Adicionalmente, 80 % ou menos da quantidade de Fe podem ser substituídos por um ou dois de Co e Ni. A quantidade de substituição é preferivelmente 40 % ou menos para Co e 10 % ou menos para Ni para obter uma alta densidade de fluxo magnético de saturação.

Com relação ao símbolo "b" que representa a quantidade de Si que é um elemento que contribui para uma capacidade de formação amorfa, é preferível 5 % ou menos, para melhorar a densidade de fluxo magnético de saturação.

Com relação ao símbolo "c" que representa a quantidade de B,

ele é o que mais contribui para uma capacidade de formação amorfa. Se "c" for maior que 18 %, a estabilidade térmica diminui. Mesmo se "c" for mais que 18 %, não é observado nenhum efeito de melhoria, tal como a capacidade de formação amorfa. Também, "c" é preferivelmente 12 % ou mais para
 5 manter a estabilidade térmica do amorfo com uma alta densidade de fluxo magnético de saturação.

C é efetivo para melhorar a quadratura e densidade de fluxo magnético de saturação. Entretanto, se o símbolo "d" que representa a quantidade de C for menor que 0,01 %, o efeito é pequeno. Se "d" for mais
 10 que 3 %, ocorre fragilização, e a estabilidade térmica diminui.

Também, 0,01 a 5 % de um ou mais elementos de Cr, Mo, Zr, Hf e Nb podem ser incluídos, e 0,50 % ou menos de pelo menos um ou mais elementos de Mn, S, P, Sn, Cu, Al e Ti podem ser contidos como uma impureza inevitável.

Adicionalmente, no transformador amorfo para fonte de alimentação elétrica, o símbolo "b" que representa a quantidade de Si em % atômica e o símbolo "d" que representa a quantidade de C satisfaz a relação de $b \leq (0,5 \times a - 36) \times d^{1/3}$ na tira fina de liga amorfa da presente invenção.
 15

Também, a presente invenção é o transformador amorfo para
 20 fonte de alimentação elétrica em que uma densidade de fluxo magnético de saturação da tira fina de liga amorfa depois do recozimento é 1,6 T ou mais.

A presente invenção é o transformador amorfo para fonte de alimentação elétrica em que a densidade de fluxo magnético do núcleo de ferro em um campo magnético externo de 80 A/m depois do recozimento é
 25 1,55 T ou mais.

Adicionalmente, a presente invenção é o transformador amorfo para fonte de alimentação elétrica em que a densidade de fluxo magnético do núcleo de ferro depois do recozimento é 1,4 T e a perda de ferro $W_{14/50}$ de uma amostra toroidal do núcleo de ferro a uma frequência de 50 Hz é 0,28

W/kg ou menos.

Também, a presente invenção é o transformador amorfo para fonte de alimentação elétrica em que a deformação na fratura ϵ do núcleo de ferro depois do recozimento é 0,020 ou mais.

5 VANTAGENS DA INVENÇÃO

De acordo com a presente invenção, para uma liga amorfa com uma composição de FeSiBC (Fe: ferro, Si: silício, B: boro e C: carbono) diferente daquela de materiais comuns convencionais em que a liga amorfa tem uma alta densidade de fluxo magnético de saturação e uma perda inferior,
 10 um transformador amorfo para fonte de alimentação elétrica contendo um núcleo magnético com propriedades superiores às de materiais convencionais mesmo se a temperatura de recozimento for baixa pode ser provida.

MELHOR MODO DE REALIZAR A INVENÇÃO

O melhor modo para realizar a presente invenção será descrito.

15 O exemplo de transformadores amorfos para fonte de alimentação elétrica de acordo com a presente invenção serão descritos usando os desenhos.

Exemplo 1

O exemplo 1 será descrito. Um transformador amorfo para
 20 fonte de alimentação elétrica de acordo com este exemplo contém um núcleo de ferro, no qual tiras de película de liga amorfa são laminadas e dobradas em uma forma de U e ambas as extremidades das tiras de película de liga amorfa são coladas topo a topo ou sobrepostas, e um enrolamento.

Uma tira fina de liga amorfa usada para o núcleo de ferro deste
 25 exemplo contém uma liga amorfa com uma composição de liga expressa por $\text{Fe}_a\text{Si}_b\text{B}_c\text{C}_d$ (Fe: ferro, Si: silício, B: boro e C: carbono) em que $80 \leq a \leq 83 \%$, $0 < b \leq 5 \%$, $12 \leq c \leq 18 \%$, e $0,01 \leq d \leq 3 \%$ em % atômica e impurezas inevitáveis. Quando a distribuição de concentração de C é medida da superfície livre e superfície laminada da tira fina de liga amorfa para dentro, o

valor de pico da distribuição de concentração de C fica a uma profundidade na faixa de 2 a 20 nm. O recozimento foi realizado, com a temperatura a porção central do núcleo de ferro durante o recozimento depois que o núcleo de ferro é formado e conformado sendo 320 ± 5 °C e o tempo de retenção sendo 60 ± 10 minutos. A força de campo magnético durante o recozimento depois que o núcleo de ferro é formado e conformado é 800 A/m ou mais.

Na tira fina de liga amorfa deste exemplo, "b" que representa a quantidade de Sistema em % atômica e "d" que representa a quantidade de C preferivelmente satisfaz a relação de $b \leq (0,5 \times a - 36) \times d^{1/3}$. Conforme mostrado na figura 4, a quantidade de C depende até certo ponto, mas, diminuindo b/d com relação a uma quantidade constante de C, uma composição com um alto grau de relaxação de tensão e uma alta densidade de saturação de fluxo magnético é provida, que é mais adequada como o material de um transformador para energia elétrica. Adicionalmente, a fragilização, a cristalização superficial, e a diminuição da estabilidade térmica que ocorrem quando uma alta quantidade de C é adicionada são eliminadas.

A densidade de fluxo magnético do núcleo de ferro deste exemplo a um campo magnético externo de 80 A/m depois do recozimento é 1,55 T ou mais. Também, a densidade de fluxo magnético do núcleo de ferro deste exemplo depois do recozimento é 1,4 T, e a perda de ferro $W_{14/50}$ de uma amostra toroidal do núcleo de ferro deste exemplo a uma frequência de 50 Hz é 0,28 W/kg ou menos. A deformação na fratura ϵ do núcleo de ferro deste exemplo depois do recozimento é 0,020 ou mais.

As condições de recozimento do núcleo de ferro do transformador amorfo deste exemplo serão descritas. Como o núcleo de ferro do exemplo, uma liga amorfa com uma composição de liga expressa por $Fe_aSi_bB_cC_d$ (Fe: ferro, Si: silício, B: boro e C: carbono) em que $80 \leq a \leq 83$ %, $0 < b \leq 5$ % e $12 \leq c \leq 18$ % em % atômica foi usada. Também, como um exemplo comparativo, uma liga amorfa com uma composição de liga expressa

por $\text{Fe}_a\text{Si}_b\text{B}_c\text{C}_d$ (Fe: ferro, Si: silício, B: boro e C: carbono) em que $76 \leq a \leq 81 \%$, $5 < b \leq 12 \%$, $8 \leq c \leq 12 \%$ e $0,01 \leq d \leq 3 \%$ em % atômica e impurezas inevitáveis foi usada.

O tratamento de recozimento foi realizado sob condições diferentes. O tempo de recozimento foi 1 hora. Na figura 1, o eixo horizontal é a temperatura de recozimento, e o eixo vertical é a força de retenção (H_c) obtida depois do tratamento. Na figura 2, o eixo horizontal é a temperatura de recozimento, e o eixo vertical é a densidade de fluxo magnético obtida quando a força de magnetização durante o recozimento é 80 A/m, que é referida como B80. Para ambas as ligas amorfas usadas no núcleo de ferro do exemplo e no núcleo de ferro do exemplo comparativo, as propriedades magnéticas obtidas mudam de acordo com as condições de recozimento. Para a liga amorfa deste exemplo, comparada com a liga amorfa do exemplo comparativo, a força de retenção (H_c) pode ser menor, mesmo se a temperatura de recozimento for baixa. Para a liga amorfa do exemplo, uma temperatura de recozimento de 300 a 340 °C é preferível, e particularmente uma temperatura de recozimento na faixa de 300 a 330 °C é mais preferível. Também, para a liga amorfa do exemplo, comparada com a liga amorfa do exemplo comparativo, B80 pode ser maior e, além disso, boas propriedades magnéticas podem ser obtidas, mesmo se a temperatura de recozimento for baixa. Para a liga amorfa do exemplo, uma temperatura de recozimento de 310 a 340 é preferível. Portanto, para a liga amorfa do exemplo, a temperatura de recozimento é preferivelmente 310 a 330 °C a fim de que ambas propriedades magnéticas sejam boas. Esta temperatura de recozimento é menor que a da liga amorfa no exemplo comparativo em cerca de 20 a 30 °C. O abaixamento da temperatura de recozimento leva a redução do consumo de energia usada no tratamento de recozimento, e, portanto, a liga amorfa do exemplo é também excelente a este respeito. Para a liga amorfa do exemplo comparativo, boas propriedades magnéticas não são obtidas nesta temperatura

de recozimento. Também, o tempo de recozimento é preferivelmente 0,5 hora ou mais. Se o tempo de recozimento for menor que 0,5 hora, as propriedades suficientes não podem ser obtidas. Também, se o tempo de recozimento for maior que 150 minutos, as propriedades de acordo com a energia consumida não podem ser obtidas. Particularmente, o tempo de recozimento é preferivelmente 40 a 100 minutos, e mais preferivelmente 50 a 70 minutos.

A figura 3 mostra a propriedade (perda de ferro) do transformador contendo o núcleo de ferro da liga amorfa do exemplo, que é o resultado das várias condições de recozimento de acordo com os cinco padrões A a E. Aqui, os padrões C e D são exemplos usando o mesmo material que o exemplo comparativo citado, ou um material próximo ao do exemplo comparativo anterior, e a perda de ferro de ambos os padrões é pior que a dos padrões A e B, que pode-se considerar ser a mesma tendência confirmada na figura 1. Padrões A e B são exemplos em que a força do campo magnético aplicado durante o recozimento muda para comparação. Observou-se que a perda de ferro é praticamente inalterada, mesmo quando uma força de campo magnético de 800 A/m ou mais for aplicada. Entretanto, é necessário passar muita corrente no padrão B e, portanto, as condições de recozimento ideais são o padrão A. Também, observou-se que a perda de ferro aumenta a uma força de campo magnético aplicada de menos de 800 A/m. Também, observou-se que, embora a perda de ferro no padrão E seja ligeiramente inferior ao do padrão A, esse padrão E é adequado como as condições de recozimento.

Exemplo 2

A seguir, o exemplo 2 será descrito. O transformador amorfo deste exemplo 2 difere do exemplo 1 no material da tira fina da liga amorfa. A tira fina da liga amorfa do exemplo 2 contém uma liga amorfa com uma composição de liga expressa por $\text{Fe}_a\text{Si}_b\text{B}_c\text{C}_d$ (Fe: ferro, Si: silício, B: boro e C: carbono) em que $80 \leq a \leq 83 \%$, $0 < b \leq 5 \%$, $12 \leq c \leq 18 \%$ e $0,01 \leq d \leq 3$

% em % atômica e impurezas inevitáveis. A densidade de fluxo magnético de saturação da tira fina de liga amorfa do exemplo 2 depois do recozimento é 1,60 T ou mais. Valores numéricos sem ser esses são similares aos do exemplo 1. As propriedades magnéticas e similares correspondentes às condições de recozimento foram também substancialmente similares às do exemplo 1.

DESCRIÇÃO RESUMIDA DOS DESENHOS

A figura 1 é um desenho explanatório das condições de recozimento e propriedade magnética 1 do material desenvolvido do exemplo 1.

A figura 2 é um desenho explanatório das condições de recozimento e propriedades magnéticas 2 do material desenvolvido do exemplo 1.

A figura 3 é um desenho explanatório das condições de recozimento e propriedades magnéticas do transformador amorfo contendo o núcleo de ferro do material desenvolvido do exemplo 1.

A figura 4 é um desenho explanatório que mostra o relacionamento entre b que representa a quantidade de Si e d que representa a quantidade de C, e o relacionamento entre eles e o grau de relaxação de tensão e deformação na fratura.

REIVINDICAÇÕES

1. Transformador amorfo para fonte de alimentação elétrica compreendendo um núcleo de ferro compreendendo uma tira fina de liga amorfa e um enrolamento, caracterizado pelo fato de que o núcleo de ferro é submetido a um tratamento de recozimento no qual a temperatura de uma porção central do núcleo de ferro durante o recozimento depois que o núcleo de ferro é formado e conformado é 300 a 340 °C, e o tempo de retenção é 0,5 hora ou mais.

2. Transformador amorfo para fonte de alimentação elétrica de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a força do campo magnético do núcleo de ferro durante o recozimento depois que o núcleo de ferro é formado e conformado é 800 A/m ou mais.

3. Transformador amorfo para fonte de alimentação elétrica de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que a tira fina de liga amorfa compreende uma liga amorfa compreendendo uma composição de liga expressa por $\text{Fe}_a\text{Si}_b\text{B}_c\text{C}_d$ (Fe: ferro, Si: silício, B; boro e C carbono, em que $80 \leq a \leq 83 \%$, $0 < b \leq 5 \%$, $12 \leq c \leq 18 \%$ e $0,01 \leq d \leq 3 \%$ em porcentagem atômica, e impurezas inevitáveis.

4. Transformador amorfo para fonte de alimentação elétrica de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que a composição de liga da tira fina de liga amorfa b que representa a quantidade de Si em % atômica e d que representa a quantidade de C satisfaz a relação de $b \leq (0,5 \times a - 36) \times d^{1/3}$.

5. Transformador amorfo para fonte de alimentação elétrica de acordo com a reivindicação 1 ou 3, caracterizado pelo fato de que a densidade de fluxo magnético de saturação da tira fina de liga amorfa depois do recozimento é 1,60 T ou mais.

6. Transformador amorfo para fonte de alimentação elétrica de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de

que, quando a distribuição de concentração de C é medida de uma superfície livre e superfície de laminação da tira fina de liga amorfa para dentro, o valor de pico da distribuição de concentração de C fica a uma profundidade na faixa de 2 a 20 nm.

- 5 7. Transformador amorfo para fonte de alimentação elétrica de acordo com qualquer uma de acordo com a reivindicação 1 a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que a densidade de fluxo magnético do núcleo de ferro a um campo magnético externo de 80 A/m depois do recozimento é 1,55 T ou mais.
- 10 8. Transformador amorfo para fonte de alimentação elétrica de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que a densidade de fluxo magnético do núcleo de ferro depois do recozimento é 1,4 T, e a perda de ferro $W_{14/50}$ de uma amostra toroidal do núcleo de ferro a uma frequência de 50 hz é 0,28 W/kg ou menos.
- 15 9. Transformador amorfo para fonte de alimentação elétrica de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que a deformação na fratura ϵ do núcleo de ferro depois do recozimento é 0,020 ou mais.

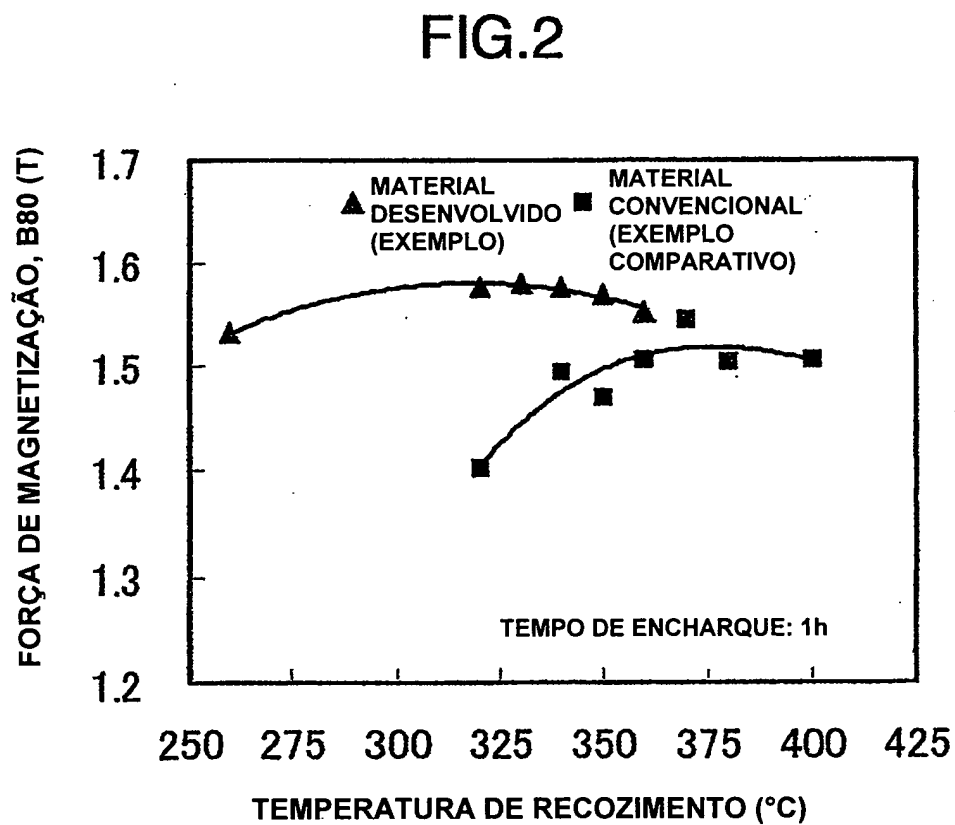
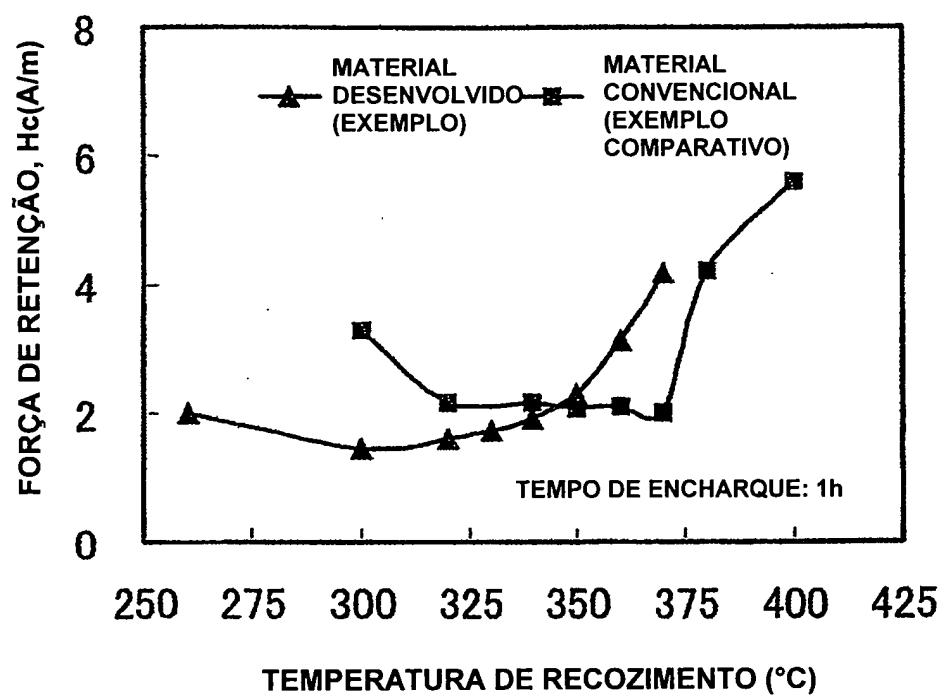
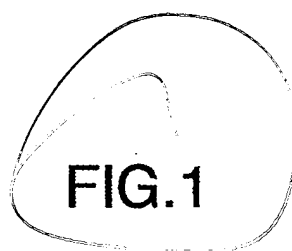


FIG.3

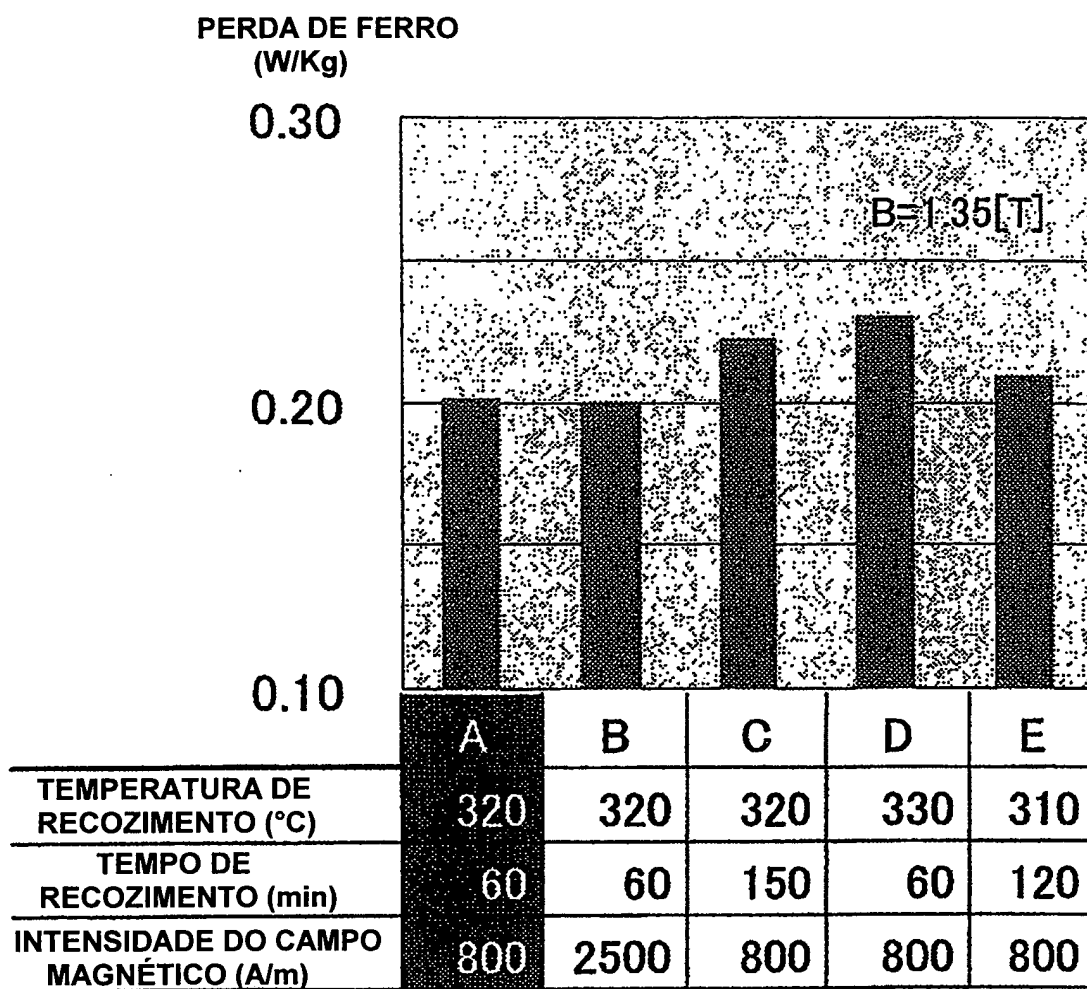
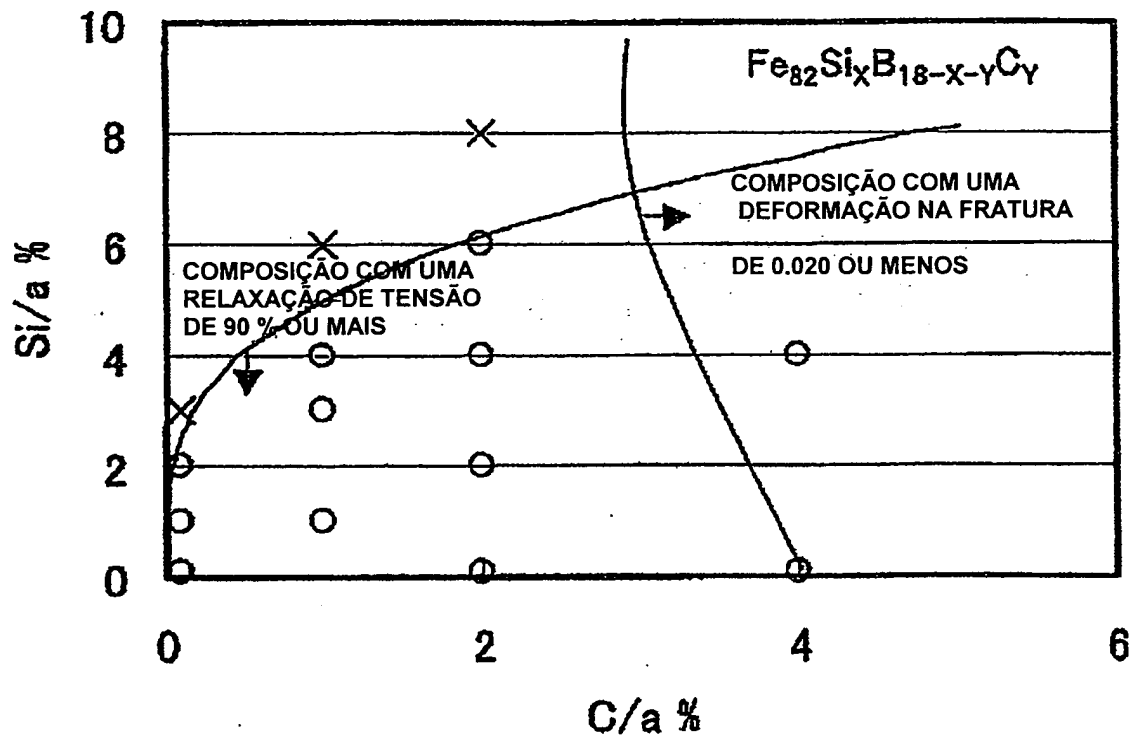


FIG.4



RESUMO**“TRANSFORMADOR AMORFO PARA FONTE DE ALIMENTAÇÃO ELÉTRICA”**

Esta invenção fornece um transformador amorfo para fonte de
5 alimentação elétrica usando um núcleo magnético formado de um material de
liga amorfa, que, comparado com o material de liga amorfa convencional, tem
uma menor temperatura de recozimento e um maior nível de propriedades
magnéticas. O transformador amorfo para fonte de alimentação elétrica é
10 provido com um núcleo magnético de uma tira fina de uma liga amorfa e um
arame de enrolamento. O núcleo de ferro foi recozido em condições tais que a
temperatura da parte central do núcleo de ferro durante o recozimento depois
da moldagem do núcleo de ferro é 300 a 340 °C e o tempo de retenção não é
menor que 0,5 hora. Adicionalmente, para o núcleo de ferro, a força do campo
15 magnético durante o recozimento depois da moldagem do núcleo de ferro não
é menor que 800 A/m.