



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

(11) PI 0708317-3 B1

(22) Data do Depósito: 27/02/2007

(45) Data de Concessão: 11/09/2018



(54) Título: MÉTODO PARA PRODUZIR UM TRANSFORMADOR AMORFO PARA FONTE DE ALIMENTAÇÃO ELÉTRICA

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

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

(73) Titular(es): HITACHI INDUSTRIAL EQUIPMENT SYSTEMS CO., LTD.

(72) Inventor(es): KAZUYUKI FUKUI; KOJI YAMASHITA; YUICHI OGAWA; MASAMU NAOE; KATSUHITO YOSSHIZAWA

(85) Data do Início da Fase Nacional: 28/08/2008

“MÉTODO PARA PRODUZIR UM TRANSFORMADOR AMORFO PARA FONTE DE ALIMENTAÇÃO ELÉTRICA”

CAMPO TÉCNICO

[0001] A presente invenção diz respeito a um transformador contendo 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

[0002] 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 de ferro enrolado, e a perda de ferro pode ser menor que a de transformadores usando chapas de aço eletromagnético convencionais.

[0003] 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 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 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.

Documento de patente 1: JP-A-58-34162.

REVELAÇÃO DA INVENÇÃO

Problema a ser solucionado pela invenção

[0004] 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.

[0005] 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

[0006] 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.

[0007] 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.

[0008] Adicionalmente, a tira fina de liga amorfa da presente invenção preferivelmente contém 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 $80 \leq a \leq 83$ %, $0 < b \leq 5$ %, $12 \leq c \leq 18$ % 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.

[0009] Os motivos para limitar a composição serão descritos a seguir. A seguir, o símbolo descrito como "%" expressa % atômica.

[0010] 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.

[0011] 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.

[0012] 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 manter a estabilidade térmica do amorfo com uma alta densidade de fluxo magnético de saturação.

[0013] 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 que 3 %, ocorre fragilização, e a

estabilidade térmica diminui.

[0014] 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.

[0015] 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.

[0016] Também, a presente invenção é o transformador amorfo para 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.

[0017] 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 1,55 T ou mais.

[0018] 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.

[0019] 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.

VANTAGENS DA INVENÇÃO

[0020] 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, 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

[0021] O melhor modo para realizar a presente invenção será descrito.

[0022] O exemplo de transformadores amorfos para fonte de alimentação elétrica de acordo com a presente invenção serão descritos usando os desenhos.

Exemplo 1

[0023] O exemplo 1 será descrito. Um transformador amorfo para 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.

[0024] Uma tira fina de liga amorfa usada para o núcleo de ferro deste exemplo contém 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 $80 \leq a \leq 83 \%$, $0 < b \leq 5 \%$, $12 \leq c \leq 18 \%$, 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 $320 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ 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.

[0025] 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.

[0026] 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.

[0027] 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 $Fe_aSi_bB_cC_d$ (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.

[0028] 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.

[0029] 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

[0030] 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 $Fe_aSi_bB_cC_d$ (Fe: ferro, Si: silício, B: boro e C: carbono) em que $80 \leq a \leq 83 \%$, $0 < b \leq 5 \%$, $12 \leq c \leq 18 \%$ 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

[0031] A figura 1 é um desenho explanatório das condições de recozimento e propriedade magnética 1 do material desenvolvido do exemplo 1.

[0032] A figura 2 é um desenho explanatório das condições de recozimento e propriedades magnéticas 2 do material desenvolvido do exemplo 1.

[0033] 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.

[0034] 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. Método para produzir um transformador amorfo para fonte de alimentação elétrica caracterizado pelo fato de que compreende:

formar e formatar um núcleo de ferro pela laminação de tiras finas de liga amorfa de modo que o núcleo de ferro compreende uma laminação das tiras finas de liga amorfa e formar um enrolamento, em que cada uma das tiras finas de liga amorfa compreende uma liga amorfa compreendendo uma composição de liga expressa por $Fe_aSi_bB_cC_d$, em que Fe é ferro, Si é silício, B é boro e C é 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 uma impureza inevitável

sujeitar o núcleo de ferro, após a formação e formatação, a uma temperatura de recozimento na qual uma temperatura de uma porção central do núcleo de ferro, durante o recozimento, é de 310 a 320 °C, e um tempo de retenção é 30 a 150 min,

aplicar um campo magnético tendo uma força de 800 A/m ao núcleo de ferro enquanto sujeitando o núcleo de ferro, após a formação e formatação, a o tratamento de recozimento, e

em que uma deformação na fratura ϵ do núcleo de ferro é 0,020 ou mais após sujeição do núcleo de ferro ao tratamento de recozimento.

2. Método para produzir um transformador amorfo para fonte de alimentação elétrica de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que $b \leq (0,5 \times a - 36) \times d^{1/3}$.

3. Método para produzir um transformador amorfo para fonte de alimentação elétrica de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a densidade de fluxo magnético de saturação de uma tira fina de liga amorfa das tiras finas de liga amorfa é 1,60 T ou mais após sujeição do núcleo de ferro ao tratamento de recozimento.

4. Método para produzir um transformador amorfo para fonte de alimentação elétrica de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que, quando uma distribuição de concentração de C é medida de uma superfície

livre e superfície de laminação de uma tira fina de liga amorfa das tiras finas de liga amorfa para dentro, um valor de pico da distribuição de concentração de C fica a uma profundidade na faixa de 2 a 20 nm.

5. Método para produzir um transformador amorfo para fonte de alimentação elétrica de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que uma densidade de fluxo magnético do núcleo de ferro em um campo magnético externo de 80 A/m é 1,55 T ou mais após sujeição do núcleo de ferro ao tratamento de recozimento.

6. Método para produzir um transformador amorfo para fonte de alimentação elétrica de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que uma densidade de fluxo magnético do núcleo de ferro é 1,4 T, e uma 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, após sujeição do núcleo de ferro ao tratamento de recozimento.

FIG.1

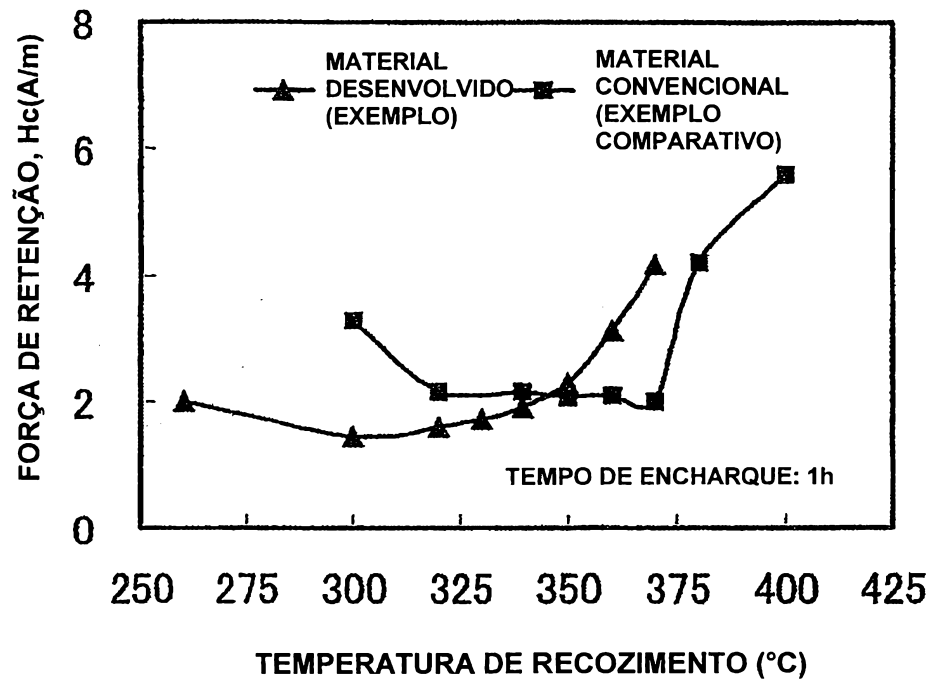


FIG.2

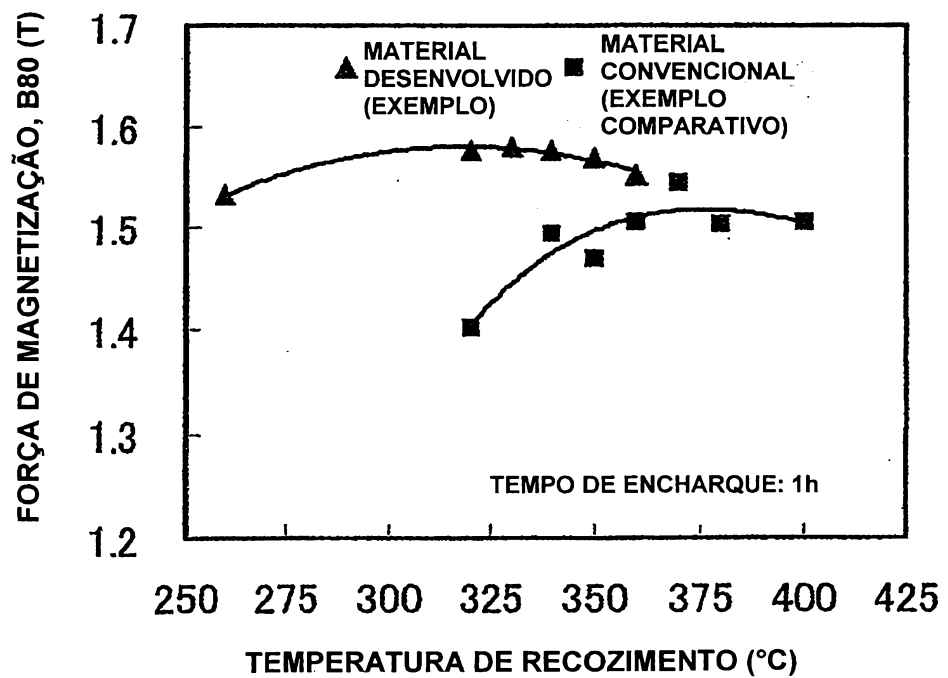


FIG.3

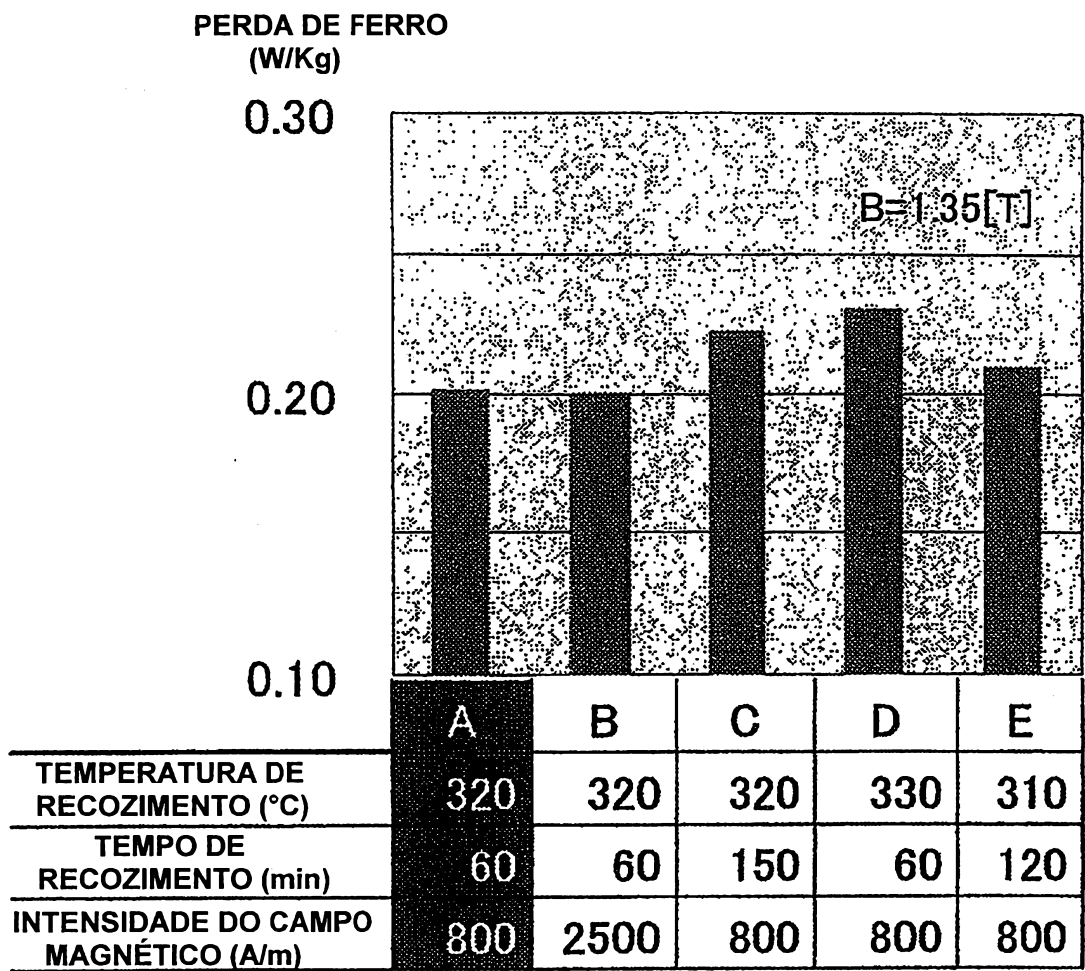


FIG.4

