

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

(11) PI 0407422-0 B1



* B R P I 0 4 0 7 4 2 2 B 1 *

(22) Data do Depósito: 13/02/2004

(45) Data de Concessão: 01/03/2016
(RPI 2356)

(54) Título: INDUTOR PARA AQUECER PELO MENOS UM COMPONENTE SUBSTANCIALMENTE CILÍNDRICO DE UMA PEÇA DE TRABALHO METÁLICA

(51) Int.Cl.: H01F 27/08; H05B 6/10; H05B 6/22; H05B 6/36

(30) Prioridade Unionista: 14/02/2003 US 60/447,615

(73) Titular(es): INDUCTOHEAT, INC.

(72) Inventor(es): VALERY I. RUDNEV, DON L. LOVELESS

“INDUTOR PARA AQUECER PELO MENOS UM COMPONENTE SUBSTANCIALMENTE CILÍNDRICO DE UMA PEÇA DE TRABALHO METÁLICA”

Referência Remissiva a Pedidos Correlatos

5 O presente pedido reivindica o benefício do pedido provisório US nº 60/447 615 depositado em 14 de fevereiro de 2003, aqui incorporado a título de referência.

Campo da Invenção

10 A presente invenção trata genericamente de bobinas indutoras que são usadas para o tratamento térmico de peças de trabalho com configuração complexa.

Fundamentos da Invenção

15 A patente US nº 6 274 857 (a patente '857), que é aqui incorporada em sua totalidade, apresenta um tratamento térmico por indução de uma peça de trabalho irregularmente configurado tal como um eixo de manivela. A patente '857 expõe o emprego de um par conjugado de segmentos de bobina, um em um circuito elétrico ativo e outro em um circuito elétrico passivo, para endurecimento a indução de componentes da peça de trabalho, tal como um pino de eixo de manivela ou principal. A fig. 1 é uma ilustração esquemática de uma configuração para realizar o endurecimento a indução conforme ensinado na patente '857. Na figura, uma corrente I_a passa através do primeiro segmento indutor 107 como ilustrado pela direção das setas (corrente CA instantânea). As linhas ilustrando esquematicamente o primeiro segmento indutor 107 são ligadas com uma fonte de alimentação de CA apropriada tornando o primeiro segmento indutor um circuito elétrico ativo formado de um segmento indutor de uma única espira. Os segmentos de espira 107a e 107b são previstos no primeiro segmento indutor 107. A corrente I_a cria um campo de fluxo magnético em torno do segmento de bobina indutora. Os segmentos de bobina 109a e 109b são previstos no

segundo segmento indutor 109, que é um circuito elétrico passivo formado de uma bobina indutora de uma única espira. Segmentos concentradores de fluxo magnético 103a e 103b formam um concentrador de fluxo magnético que acopla fluxo magnético circundando o segmento indutor ativo com o 5 segmento indutor passivo e induz uma corrente I_b no segundo segmento indutor 109 como ilustrado pela direção da setas (corrente CA instantânea).

A fig. 2(a) e a fig. 2(b) respectivamente ilustram um exemplo de um (primeiro) segmento indutor ativo da técnica anterior 107 e um (segundo) segmento indutor passivo 109 que pode ser usado para realizar os 10 circuitos esquemáticos na fig. 1. Na fig. 2(a) as regiões de terminação elétrica 122a e 122b proporcionam um meio para conectar o segmento de indutor ativo com uma fonte de alimentação de CA de alta freqüência apropriada. O dielétrico 411 pode ser usado pra oferecer isolamento elétrico suficiente entre as duas regiões. Na fig. 2(a) e fig. 2(b) o interior através das aberturas 117a e 15 117b, respectivamente, dividem os primeiro e segundo segmentos de indutor, respectivamente em dois segmentos de bobina. Cada um destes segmentos de bobina tem uma abertura parcial, tais como as aberturas 121a e 121b nos segmentos de bobina 107a e 107b, respectivamente. Cada segmento de bobina em torno de sua abertura pode ser configurado com rebordos de bobina 20 interno e externo separados por um orifício de têmpera, tais como rebordos de bobina interno e externo 123b e 123a, respectivamente, entre o orifício de tempora 131 no segmento de bobina 107a. A fig. 2(c) ilustra segmentos 25 indutores ativo e passivo da técnica anterior 107 e 109, respectivamente, corretamente posicionados para tratar termicamente indutivamente dois componentes de uma peça, cada um dos quais é posicionado no interior da abertura formada em torno de um par de segmentos de bobina, isto é, o primeiro par de segmentos de bobina 107a e 109a (aberturas 121a e 122a) e o segundo par de segmentos de bobina 107b e 109b. Concentradores de fluxo magnético 103a e 103b são aplicados em torno das regiões de acoplamento

concentrador de fluxo magnético 119a e 119b dos primeiro e segundo segmentos indutores, respectivamente. O dielétrico 410 separa as superfícies confrontantes de bobina 115a e 115b dos primeiro e segundo segmentos indutores, respectivamente. Dependendo do componente de peça sendo
5 indutivamente termicamente tratado em uma abertura específica formada em torno de um par de segmentos de bobina, as aberturas atravessantes 117a e 117b também podem servir como o *situs* (residência) para um componente de peça não termicamente tratado que interliga aquele um ou dois componentes de peça entre si.

10 Com eficiente acoplamento magnético, a magnitude da corrente induzida I_b no segmento indutor passivo será aproximadamente igual em magnitude a, e 180 graus elétricos fora defase com, a corrente ativa I_a no segmento indutor ativo. Magnitudes aproximadamente iguais para as correntes I_a e I_b não asseguram densidades de corrente através da largura de
15 um segmento de bobina. Densidades de corrente em seção transversal iguais nos segmentos de bobina confrontantes nos circuitos ativo e passivo são essenciais para aquecimento por indução uniforme do componente de uma peça a ser tratada colocada no interior de uma abertura formada por um par oposto de segmentos de bobina. A não-uniformidade do material
20 eletricamente condutivo de que um segmento indutor é produzido, ou desvio da relação de plano paralelo exato entre as superfícies confrontantes de um par de segmentos indutores, pode resultar em densidades de corrente não uniformes através da largura em seção transversal do segmento indutor. A fig.
25 3(a) e fig. 3(b) são vistas em seção transversal parcial de primeiro e segundo segmentos indutores opostos, na linha A-A na fig. 2(c). A fig. 3(a) ilustra um par típico de segmentos indutores opostos 107 e 109 com densidades de corrente em seção transversal uniformes ideais (região pontilhada) para correntes I_a e I_b . A fig. 3(b) ilustra uma situação mais realista em que as superfícies confrontantes de bobinas opostas 115a e 115b não são paralelas

entre si, e ambas as densidades de corrente em seção transversal para as correntes I_a e I_b não são uniformes. Neste exemplo, a superfície confrontante com bobina 115b do segmento indutor 109 não é paralela com a superfície confrontante com bobina 115a de segmento indutor oposta 107.

5 Conseqüentemente, devido ao fenômeno eletromagnético conhecido como o efeito de proximidade, a densidade de corrente induzida I_b é maior na região em seção transversal com um menor entreferro, que por sua vez resultará em uma redistribuição de densidade de corrente de corrente ativa I_a .

A uniformidade de densidades de corrente em segmentos de 10 bobina ativo e passivo opositos pode ser afetada pela presença de massas eletricamente condutivas sobre a peça a ser tratada de perfil complexo que são localizadas adjacentes ao componente de peça sendo indutivamente termicamente tratado em uma abertura entre um par de segmentos de bobina.

15 A fig. 4 ilustra um componente de peça a ser tratado 207 situado entre um par de segmentos de bobina opositos 107a e 10a, formados de rebordos de bobina 107a' e 107a'', e rebordos de bobina 109a' e 109a'', respectivamente. O componente de peça 207, que será indutivamente termicamente tratado é ligado com os componentes de peça contíguos delimitadores 206 e 208, que 20 não serão indutivamente termicamente tratados. Caso a peça a tratar seja um virabrequim, então o componente 207 pode ser um pino ou principal (com ou sem uma passagem de óleo no mesmo) e os componentes de peça contíguos delimitadores representam contrapesos não simétricos sobre o virabrequim.

Como exposto na patente '857, dois ou mais números de espiras idênticos podem ser previstos para os segmentos indutores tanto ativos 25 como passivos. Todavia, circuitos indutores de múltiplas espiras tanto ativos como passivos requerem tensões operacionais mais altas que aquela para um conjunto de espira único equivalente. As tensões operacionais mais altas introduzem o potencial para a formação de centelhas entre condutores de circuito adjacentes com um pequeno entreferro que decresce a confiabilidade

e a capacidade de manutenção.

Por conseguinte, um dos objetivos da presente invenção são segmentos indutores que minimizam a distribuição não uniforme de densidade de corrente através do indutor para realizar tratamento térmico por indução de um componente de uma peça a ser tratada de forma complexa.

Sumário Sucinto da Invenção

Sob um aspecto, a presente invenção é um indutor e processo para tratar termicamente pelo menos um componente substancialmente cilíndrico de uma peça de trabalho de metal em que o componente substancialmente cilíndrico é afixado pelo menos num lado a um componente de perfil irregular para formar um filete entre o componente de perfil irregular e um componente substancialmente cilindriforme. O indutor é formado de primeiro e segundo segmentos indutores e o segundo segmento indutor é magneticamente acoplado com o primeiro segmento indutor. O primeiro segmento indutor é conectado com uma fonte de potência de alta-freqüência. Uma abertura substancialmente fechada é formada parcialmente no primeiro segmento indutor e parcialmente no segundo segmento indutor para colocação do componente substancialmente cilíndrico para tratamento térmico pela aplicação de um campo magnético gerado pelo indutor formado pelos primeiros e segundos segmentos indutores em resposta à excitação por corrente CA de alta freqüência proveniente da fonte de alimentação de potencia de alta freqüência.

Em um exemplo da invenção, o primeiro segmento indutor é formado de um material sólido eletricamente condutivo. O primeiro segmento indutor tem uma superfície confrontante e uma abertura atravessante formando primeiros e segundos segmentos de bobina dispostos em lados opostos da abertura atravessante. Uma fenda limitadora de corrente em seção transversal divide cada um dos primeiros e segundos segmentos de bobina em um primeiro e segundo par de sub-segmentos de bobina. Uma primeira

abertura parcial quer no primeiro quer no segundo segmento de bobina tem uma superfície de bobina arqueada de um ou de outro lado da fenda limitadora de corrente em seção transversal. Cada uma destas superfícies de bobina arqueadas é dividida por um orifício para formar um primeiro e segundo par de rebordos de bobina. Os primeiro e segundo rebordos de bobina são perfilados para seletivamente compensar a massa irregular do componente irregularmente configurado, para uma abertura sobre a superfície do componente substancialmente cilíndrico, ou para seletivo aquecimento do filete. O segundo indutor é formado de um material sólido eletricamente condutivo. O segundo segmento indutor tem uma segunda superfície confrontante disposta substancialmente adjacente a e eletricamente isolada da primeira superfície confrontante. Uma abertura atravessante no segundo segmento indutor forma terceiro e quarto segmentos de bobina dispostos em lados opostos da abertura atravessante. Uma segunda abertura parcial quer no terceiro quer no quarto segmento de bobina tem uma superfície arqueada dividida por um orifício para formar um terceiro par de rebordos de bobina. O terceiro par de rebordos de bobina forma regiões de interface com a segunda superfície confrontante contígua. O terceiro par de rebordos de bobina é perfilado para seletivamente compensar a massa irregular do componente irregularmente configurado, por uma abertura na superfície do componente substancialmente cilíndrico, ou para seletivo aquecimento do filete.

Em outro exemplo da invenção, o primeiro segmento indutor é formado de um material sólido eletricamente condutivo. O primeiro segmento indutor tem uma superfície confrontante e uma abertura atravessante formando primeiro e segundo segmentos de bobina dispostos em lados opostos da abertura atravessante. Uma fenda limitadora de corrente do primeiro segmento indutor divide cada um dos primeiro e segundo segmentos de bobina em um primeiro e segundo par de sub-segmentos de bobina. Uma primeira abertura parcial quer no primeiro quer no segundo segmento de

bobina tem uma superfície de bobina arqueada de um ou de outro lado da fenda limitadora de corrente em seção transversal. Cada uma destas superfícies de bobina arqueada é dividida por um orifício para formar primeiro e segundo pares de rebordos de bobina. Os primeiro e segundo rebordos de bobina formam regiões de interface com as primeiras superfícies confrontantes contíguas. Os primeiro e segundo pares de rebordos de bobina são perfilados para seletivamente compensar a massa irregular do componente de perfil irregular, por uma abertura sobre a superfície do componente substancialmente cilíndrico, ou para seletivo aquecimento do filete. O segundo indutor é formado de um material sólido eletricamente condutivo. O segundo segmento indutor tem uma segunda superfície confrontante disposta substancialmente adjacente a e eletricamente isolada da primeira superfície confrontante. Uma abertura atravessante no segundo segmento indutor forma terceiro e quarto segmentos de bobina dispostos em lados opostos da abertura atravessante. Pelo menos uma fenda limitadora de corrente em seção transversal de um segundo segmento indutor divide o segundo segmento indutor em pelo menos duas séries de espiras de bobina. As pelo menos duas espiras de bobina formam pelo menos dois segmentos de espira de bobina de cada lado da abertura atravessante. Uma segunda abertura parcial nos pelo menos dois segmentos de espira de bobina de um e de outro lado da abertura atravessante tem uma superfície arqueada dividida por um orifício para formar um terceiro e quarto pares de rebordos de bobina. Os terceiro e quarto pares de rebordos de bobina formam regiões de interface com as segundas superfícies confrontantes contíguas. Os terceiro e quarto rebordos de bobina são perfilados para seletivamente compensar a massa irregular do componente irregularmente configurado, por uma abertura sobre a superfície do componente substancialmente cilíndrico, ou para seletivo aquecimento do filete.

Em outro exemplo da invenção, o primeiro segmento indutor é

formado de um material sólido eletricamente condutivo. O primeiro segmento indutor tem uma superfície confrontante e uma abertura atravessante formando primeiro e segundo segmentos de bobina dispostos em lados opostos da abertura atravessante. Uma fenda limitadora de corrente em seção transversal de um primeiro segmento de bobina indutora divide cada um dos primeiro e segundo segmentos de bobina em um primeiro e um segundo par de sub-segmentos de bobina. Uma primeira abertura parcial quer no primeiro quer no segundo segmento de bobina tem uma superfície de bobina arqueada de um e de outro lado da fenda limitadora de corrente em seção transversal.

5 Cada uma destas superfícies de bobina arqueadas é dividida por um orifício para formar primeiro e segundo pares de rebordos de bobina. O primeiro e segundo pares de rebordos de bobina formam regiões de interface com a primeira superfície confrontante contígua. O primeiro e o segundo par de rebordos de bobina são perfilados para seletivamente compensar a massa

10 irregular do componente irregularmente configurado, uma abertura sobre a superfície do componente substancialmente cilíndrico, ou seletivo aquecimento do filete. O segundo indutor é formado de um material sólido eletricamente condutivo. O segundo segmento indutor tem uma segunda superfície confrontante disposta substancialmente adjacente a e eletricamente isolada da primeira superfície confrontante. Uma abertura atravessante no

15 segundo segmento indutor forma terceiro e quarto segmentos de bobina dispostos em lados opostos da abertura atravessante. Uma fenda limitadora de corrente em seção transversal do segundo segmento indutor divide o segundo segmento indutor em segundos segmentos de indutor interno e externo. Uma

20 segunda abertura parcial nos segmentos interno e externo de segundo indutor de um e de outro lado da abertura atravessante tem uma superfície arqueada dividida por um orifício para formar um terceiro e quarto pares de rebordos de bobina. Os terceiro e quarto pares de rebordos de bobina formam regiões de interface com as segundas superfícies confrontantes contíguas. Os terceiro e

25

quarto pares de rebordos de bobina são perfilados para seletivamente compensar a massa irregular do componente irregularmente configurado por uma abertura sobre a superfície do componente substancialmente cilíndrico, ou para seletivo aquecimento do filete.

5 Em outro exemplo da invenção, o primeiro segmento indutor é formado de um material sólido eletricamente condutivo. O primeiro segmento indutor tem uma superfície confrontante e uma abertura atravessante formando primeiro e segundo segmentos dispostos em lados opostos da abertura atravessante. Uma primeira abertura parcial quer no primeiro quer no
10 segundo segmento de bobina tem uma superfície de bobina arqueada dividida por um orifício para formar um primeiro par de rebordos de bobina. O primeiro par de rebordos de bobina forma regiões de interface com a primeira superfície confrontante contígua. O primeiro par de rebordos de bobina é perfilado para seletivamente compensar a massa irregular do componente irregularmente configurado, por uma abertura sobre a superfície do componente substancialmente cilíndrico, ou para seletivo aquecimento do
15 filete. O segundo indutor é formado de um material sólido eletricamente condutivo. O segundo segmento indutor tem uma segunda superfície confrontante disposta substancialmente adjacente a e eletricamente isolada daquela superfície confrontante. Uma abertura atravessante no segundo segmento indutor forma segundo e terceiro segmentos de bobina dispostos em lados opostos da abertura atravessante. Uma fenda limitadora de corrente em
20 seção transversal divide o segundo segmento indutor em um primeiro segmento indutor interno e um segundo segmento indutor externo que são eletricamente mutuamente isolados. Uma segunda abertura parcial nos segundos segmentos indutores interno e externo de um e de outro lado da abertura atravessante tem uma superfície arqueada dividida por um orifício para formar segundo e terceiro pares de rebordos de bobina. O terceiro e
25 quarto pares de rebordos de bobina formam regiões de interface com as

segundas superfícies confrontantes contíguas. O segundo e terceiro pares de rebordos de bobina são perfilados para seletivamente compensar a massa irregular do componente irregularmente configurado, por uma abertura sobre a superfície do componente substancialmente cilíndrico, ou para seletivo aquecimento do filete.

Sob outro aspecto, a presente invenção constitui uma estação de tratamento térmico por indução para o tratamento térmico de uma peça metálica, tal como um virabrequim, que tem um ou mais componentes de peça de trabalho substancialmente cilíndricos axialmente excêntricos e paralelos com o eixo geométrico principal da peça e dois ou mais componentes de peça de trabalho substancialmente cilíndricos axialmente alinhados com o eixo geométrico principal da peça, em que um indutor da presente invenção é usado para aquecer indutivamente os componentes da peça.

Demais aspectos da invenção são expostos no presente relatório descritivo.

Descrição Sucinta dos Desenhos

Para o fim de ilustrar a invenção, é ilustrada nos desenhos uma forma que tem atualmente preferência, devendo ser entendido, todavia, que a presente invenção não está limitada à disposição exata e aos meios ilustrados.

A fig. 1 é uma disposição esquemática de circuitos elétricos magneticamente acoplados ativos e passivos da técnica anteriormente conhecida que podem ser usados para indutivamente tratar termicamente peça de trabalho com configuração complexa.

A fig. 2(a) ilustra um segmento indutor ativo da técnica anterior que pode ser usado para indutivamente tratar termicamente peças de trabalho com configuração complexa.

A fig. 2(b) ilustra um segmento indutor passivo da técnica anterior que pode ser usado para indutivamente tratar termicamente peças de

trabalho com configuração complexa.

A fig. 2(c) ilustra os segmentos indutores ativos e passivos mostrados na fig. 2(a) e fig. 2(b) em posição para indutivamente tratar termicamente um componente de uma peça de trabalho com configuração complexa;

A fig. 3(a) e a fig. 3(b) ilustram a diferença entre densidade de corrente em seção transversal uniforme e não-uniforme em segmentos indutores.

A fig. 4 ilustra densidade de corrente em seção transversal não uniforme típica em um componente de uma peça de trabalho que resulta da presença de componentes de peça de trabalho contíguos delimitadores.

A fig. 5 é uma vista planar confrontante de um exemplo de um segmento indutor ativo da presente invenção configurado como duas espiras ligadas em paralelo que pode ser usado para indutivamente tratar termicamente peças de trabalho com configuração complexa.

A fig. 6 é uma vista planar confrontante de um exemplo de um segmento indutor passivo da presente invenção configurado como uma bobina de duas espiras em série que pode ser usada para indutivamente tratar termicamente peças de trabalho com configuração complexa.

A fig. 7 é uma vista em perspectiva de um exemplo de um segmento indutor passivo da presente invenção configurado como duas espiras de bobina eletricamente isoladas que pode ser usado para indutivamente tratar termicamente peças de trabalho com configuração complexa.

A fig. 8(a) e a fig. 8(b) são vistas em perspectiva de um exemplo de um par de segmentos indutores ativo e passivo opostos da presente invenção que pode ser usado para tratar termicamente um componente de peça de trabalho extremo onde a extremidade da peça de trabalho tem um elemento extremo não termicamente tratado.

A fig. 9 é uma disposição esquemática dos circuitos elétricos quando o segmento indutor ativo mostrado na fig. 5 é usado com o segmento indutor passivo mostrado na fig. 6 para indutivamente tratar termicamente um ou mais componentes de uma peça de trabalho com configuração complexa.

5 Descrição Detalhada da Invenção

Reportando-se a seguir aos desenhos, em que numerais idênticos designam elementos idênticos, é mostrado na fig. 5, um exemplo de um segmento indutor ativo da presente invenção que pode ser usado para indutivamente tratar termicamente um componente de uma peça de trabalho complexa. O segmento indutor ativo 17 compreende duas espiras de bobina 16 e 18 interligadas em paralelo. A fig. 5 é uma vista planar confrontante do segmento indutor ativo. Uma fenda limitadora de corrente em seção transversal 14 forma as duas espiras de bobina no segmento indutor ativo que são interligadas em paralelo nas regiões de terminação de potência 122a e 122b. A fenda é suficientemente ampla para prevenir a formação de centelhas entre as duas espiras de bobina e pode ser preenchida com um material dielétrico. Tipicamente, porém não a título de limitação, a largura da fenda 14 está dentro da faixa de 1mm a 3mm dependendo das características do componente indutivamente aquecido. A fenda 14 minimiza a não uniformidade das densidades de corrente em seção transversal uma vez que interrompe trajetos de corrente em seção transversal nas espiras de bobina. A combinação de espiras de bobina 16 e 18 forma segmentos de bobina 17a e 17b em lados opostos da abertura atravessante 117a. No exemplo mostrado na fig. 5, a fenda 14 se estende completamente através de ambos os segmentos de bobina 17a e 17b, e da região concentradora de fluxo magnético 119a. Em exemplos alternados da invenção, a fenda pode ser limitada aos dois segmentos de bobina, desse modo formando duas fendas discretas. De preferência, a fenda 14 se estende através de ambos os segmentos de bobina para aperfeiçoar a uniformidade da distribuição de corrente dentro de cada

segmento de bobina.

Quer um quer ambos os segmentos de bobina tem uma abertura parcial, tais como as aberturas parciais 21a e 22a nos segmentos de bobina 17a e 17b, respectivamente. A superfície de bobina arqueada de cada uma das duas espiras de bobina em cada abertura parcial pode ser formada em um par de rebordos de bobina que são cada um separado por um orifício de interrupção, como representativamente mostrado na fig. 5 como rebordos de bobina internos 25b, rebordos de bobina externos 23a, e orifício 31. Os rebordos de bobina são perfilados para seletivamente compensar a massa irregular do componente irregularmente configurado, por uma abertura sobre a superfície do componente substancialmente cilíndrico, ou para aquecimento seletivo do filete.

A única fenda 14 genericamente separa cada segmento de bobina em duas espiras de bobina iguais em largura. Mais de uma fenda limitadora de corrente em seção transversal pode ser prevista.

O segmento indutor ativo 17 na fig. 5 pode ser usado em combinação com o segmento indutor de uma única espira passivo mostrado na fig. 2(b). Neste exemplo da invenção, distribuição em seção transversal uniforme aperfeiçoada da densidade de corrente no segmento indutor ativo resultará em uma distribuição em seção transversal uniforme aperfeiçoada da densidade de corrente no segmento indutor passivo uma vez que a direção das correntes instantâneas através das duas espiras de bobina formadas entre a fenda 14 será oposta em direção à corrente no segmento indutor de uma única espira passivo. Assim as correntes em cada uma das duas espiras de bobina no segmento indutor ativo cada uma atrairá um valor comparável de corrente no segmento indutor passivo.

Alternativamente o segmento indutor ativo 17 pode ser usado com um segmento indutor passivo de duas espiras. A fig. 6 ilustra uma vista planar confrontante de um exemplo de um segmento indutor passivo de duas

espiras da presente invenção. O segmento indutor passivo de duas espiras 19 compreende duas espiras de bobina 20 e 24 formadas pela fenda limitadora de corrente em seção transversal 15 com a região de desvio transversal 26. Quando usada com o segmento indutor ativo 17 na fig. 5, a largura w_s da 5 fenda 15 no segmento indutor passivo é genericamente igual à largura w_s da fenda 14 no segmento indutor ativo. Rebordos de bobina são perfilados em torno de um orifício na superfície arqueada em torno das aberturas parciais 21b e 22b de cada uma das duas espiras de bobina que perfazem o segmento de bobina 19a e/ou segmento de bobina 19b, respectivamente. Uma vez que 10 as duas espiras no segmento indutor passivo são ligadas em série, a corrente induzida que passa em ambas as espiras é a mesma. Por conseguinte a densidade da corrente que passa no segmento indutor ativo também será distribuída de acordo com a densidade da corrente no segmento indutor passivo quando o segmento indutor ativo 17 está corretamente posicionado 15 adjacente ao segmento indutor passivo de duas espiras 19.

A fig. 7 ilustra um segmento indutor passivo alternativo da presente invenção. Neste exemplo, o segmento indutor passivo 29 é dividido em duas bobinas eletricamente isoladas 32 e 33 pela fenda limitadora de corrente em seção transversal 30. Nesta configuração o segmento indutor 20 passivo compreende uma bobina interna e externa com uma ou mais aberturas parciais, tal como a abertura parcial 41b. O segmento indutor passivo 29 é usado em combinação com o segmento indutor ativo mostrado na fig. 2(a) ou na fig. 5. Uma bobina passiva com duas bobinas eletricamente isoladas não é tão eficaz quanto o segmento indutor passivo com duas (ou mais espiras) 25 ligadas em série no proporcionar uma distribuição uniforme de densidade de corrente em seção transversal, porém é de manufatura mais simples e oferece um aperfeiçoamento em relação à técnica anteriormente conhecida.

A fig. 8(a) e a fig. 8(b) ilustram um exemplo e um par de segmentos indutores ativo e passivo 65' e 65, respectivamente, que podem ser

usados para indutivamente tratar termicamente o componente extremo de uma peça de formato complexo com um elemento extremo contíguo não termicamente tratado axialmente protuberante. Por exemplo, quando a peça de trabalho é um virabrequim, o componente extremo a ser termicamente tratado é o eixo de transmissão e o elemento extremo contíguo não termicamente tratado axialmente protuberante é o nariz do virabrequim. O segmento indutor ativo 65' compreende uma bobina de uma única espira. O segmento indutor ativo 65' compreende uma espira de uma única espira. O segmento indutor passivo 65 compreende duas bobinas eletricamente isoladas 70 e 72 separadas por uma fenda limitadora de corrente em seção transversal 74. O componente é termicamente tratado por indução na abertura formada pelas aberturas parciais 66 e 66'. O elemento semicircular 67 assenta-se na abertura semicircular 67'. As vantagens do exemplo da invenção mostrado na fig. 8(a) e fig. 8(b) são similares àquelas alcançadas com a combinação do segmento indutor ativo mostrado na fig. 2(a) e o segmento indutor passivo mostrado na fig. 7.

O par de rebordos de bobina opostos em uma espira de bobina separada por uma fenda limitadora de corrente em seção transversal pode ser posicionado de modo que eles indutivamente aqueçam somente a região do filete entre o componente de peça situado entre um par de segmentos de bobina e seu componentes de peça contíguo. Neste conjunto a fenda limitadora de corrente em seção transversal tipicamente é mais larga e pode ser preenchida com um concentrador de fluxo para adicionalmente dirigir o aquecimento por indução para a região do filete. Tipicamente, porém não a título de limitação, a largura de uma fenda limitadora de corrente em seção transversal neste tipo de aplicação pode estar dentro da faixa de 6mm a 25mm, dependendo das características do componente indutivamente aquecido.

Os exemplos precedentes não limitam o âmbito da presente invenção. O âmbito da invenção apresentada é ainda definido nas reivindicações apensas.

REIVINDICAÇÕES

1. Indutor para aquecer pelo menos um componente substancialmente cilíndrico de uma peça de trabalho metálica, o componente substancialmente cilíndrico afixado pelo menos num lado a um componente irregularmente configurado, um filete formado entre o componente irregularmente configurado e o componente substancialmente cilíndrico, o indutor formado de um primeiro segmento indutor (17) e de um segundo segmento indutor (109), o primeiro e o segundo segmentos indutores tendo meios para acoplar magneticamente com o segundo segmento indutor uma corrente CA de alta freqüência alimentada ao primeiro segmento indutor (17), uma abertura substancialmente fechada formada parcialmente no primeiro segmento indutor (17) e parcialmente no segundo segmento indutor (109) para colocação do componente substancialmente cilíndrico para aquecimento pela aplicação de um campo magnético ao componente, o campo magnético gerado pelo primeiro e segundo segmentos indutores em resposta à excitação pela corrente CA de alta freqüência, o primeiro segmento indutor (17) formado por um material sólido eletricamente condutivo, o primeiro segmento indutor adicionalmente compreendendo:

uma primeira superfície confrontante; e

20 uma primeira abertura atravessante (117a) formando um primeiro segmento de bobina (17a) e um segundo segmento de bobina (17b) dispostos em lados opostos da primeira abertura atravessante (117a);

 o segundo segmento indutor (109) formado de um material sólido eletricamente condutivo, o segundo segmento indutor (109) adicionalmente compreendendo:

uma segunda superfície confrontante (115b), a segunda superfície confrontante (115b) disposta substancialmente adjacente a e eletricamente isolada da primeira superfície confrontante; e

uma segunda abertura atravessante (117b) formando um

terceiro segmento de bobina (109a) e um quarto segmento de bobina (109b) dispostos em lados opostos da segunda abertura atravessante (117b); caracterizado pelo fato de que compreende:

5 pelo menos uma fenda limitadora de corrente em seção transversal ativa (14) disposta no primeiro segmento de bobina (17a) e no segundo segmento de bobina (17b) para formar pelo menos duas bobinas paralelas no primeiro segmento indutor (17), a pelo menos uma fenda limitadora de corrente em seção transversal ativa (14) dividindo cada um do primeiro e segundo segmentos de bobina (17a, 17b) em um primeiro e
10 segundo par de sub-segmentos de bobina;

uma primeira abertura parcial (21a) quer no primeiro quer no segundo par de sub-segmentos de bobina compreendendo o primeiro ou segundo segmento de bobina (17a, 17b), a primeira abertura parcial tendo uma superfície de bobina arqueada dividida por um orifício (31) em pelo 15 menos um do par de sub-segmentos de bobina formando a primeira abertura parcial (21a, 22b), o orifício (31) dividindo a superfície de bobina arqueada em um primeiro par de rebordos de bobina (23a, 23b), o primeiro par de rebordos de bobina formando uma região de interface com a primeira superfície confrontante contígua, em que o primeiro par de rebordos de
20 bobina é perfilado para seletivamente compensar a massa irregular do componente irregularmente configurado, uma abertura sobre a superfície do componente substancialmente cilíndrico, ou seletivo aquecimento do filete; e

uma segunda abertura parcial (122a) quer no terceiro quer no quarto segmento de bobina (109a, 109b), a segunda abertura parcial (121a, 25 121b) tendo uma superfície de bobina arqueada dividida por um orifício, o orifício dividindo a superfície de bobina arqueada em um segundo par de rebordos de bobina, o segundo par de rebordos de bobina formando uma região de interface com a segunda superfície confrontante contígua (115b) em que o segundo par de rebordos de bobina é perfilado para seletivamente

compensar a massa irregular do componente irregularmente configurado, uma abertura sobre a superfície do componente substancialmente cilíndrico, ou aquecimento seletivo do filete, as primeira e segunda aberturas parciais (21a, 122a) formando a abertura substancialmente fechada.

5 2. Indutor, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende pelo menos uma fenda limitadora de corrente passiva em seção transversal (15) disposta no terceiro segmento de bobina (109a) e quarto segmento de bobina (109b) para formar pelo menos duas bobinas em série no segundo segmento indutor (109), a pelo menos uma fenda limitadora 10 de corrente passiva em seção transversal (30) dividindo cada um dos terceiro e quarto segmentos de bobina (109a, 109b) em um terceiro e quarto pares de sub-segmentos de bobina, a segunda abertura parcial (122a) disposta pelo menos em um do terceiro e quarto pares dos sub-segmentos de bobina.

15 3. Indutor, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato do número da pelo menos uma fenda limitadora de corrente ativa em seção transversal (14) ser igual ao número da pelo menos uma fenda limitadora de corrente passiva em seção transversal (15) e de cada uma das pelo menos uma fenda limitadora de corrente ativa em seção transversal (14) ser opostamente alinhada em relação a cada uma das pelo menos uma das 20 fendas limitadoras de corrente passiva em seção transversal (30).

4. Indutor, de acordo com a reivindicação 2 ou 3, caracterizado pelo fato das larguras de todas da pelo menos uma das fendas limitadoras de corrente ativa e passiva em seção transversal (14, 15) ser(em) igual(ais).

25 5. Indutor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 2 a 4, caracterizado pelo fato de que a pelo menos uma fenda limitadora de corrente ativa em seção transversal compreende uma fenda limitadora de corrente ativa em seção transversal (14), e a pelo menos uma fenda limitadora de corrente passiva em seção transversal compreende uma fenda limitadora de corrente passiva em seção transversal (15), e as fendas limitadoras de corrente

ativa e passiva em seção transversal são suficientemente largas para direcionar o campo magnético na direção do filete, de modo que somente o filete seja substancialmente indutivamente aquecido.

6. Indutor, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo
5 fato de um concentrador de fluxo ser disposto no interior de cada uma das fendas limitadoras de corrente ativa e passiva (14, 15) para adicionalmente dirigir o campo magnético no sentido do filete.

7. Indutor, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo
fato de que compreende pelo menos uma fenda limitadora de corrente passiva
10 em seção transversal (30) disposta no interior do segundo segmento indutor
(109) para formar pelo menos duas bobinas eletricamente isoladas (32, 33) no
segundo segmento indutor, a pelo menos uma fenda limitadora de corrente
passiva em seção transversal (30) dividindo cada um dos terceiro e quarto
segmentos de bobina (109a, 109b) em um terceiro e quarto par de sub-
15 segmentos de bobina, a segunda abertura parcial (122a) disposta pelo menos
em um do terceiro e quarto pares de sub-segmentos de bobina.

PARA
FORNECER
POTÊNCIA

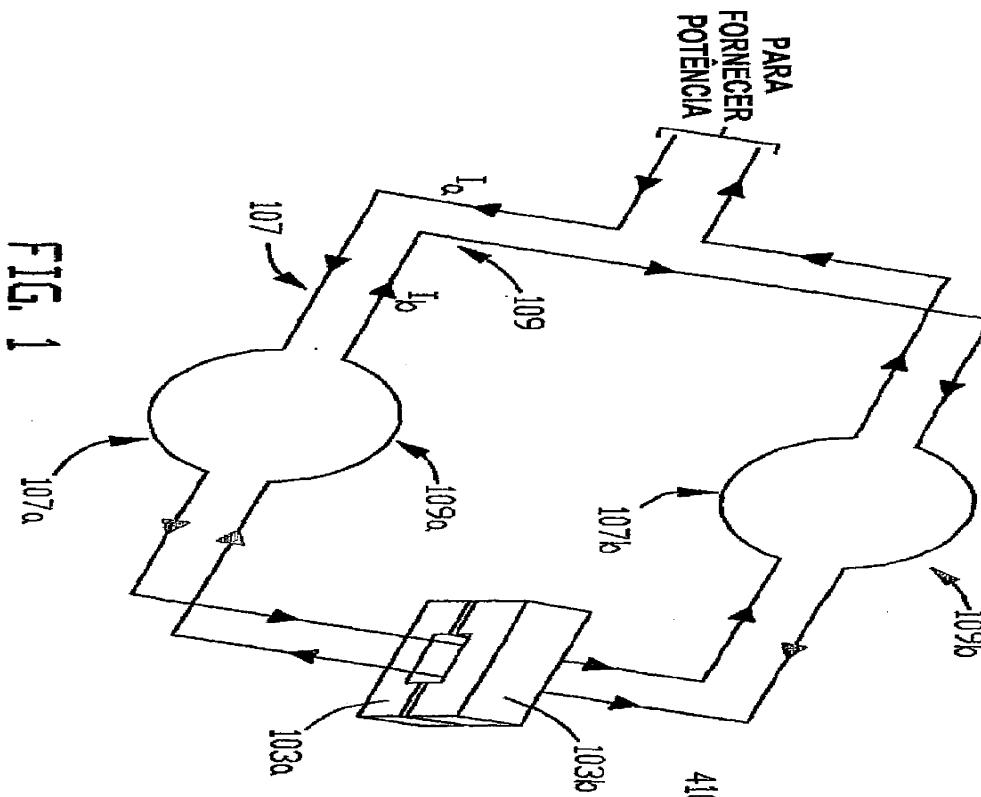


FIG. 1

Técnica anterior

FIG. 3(b)

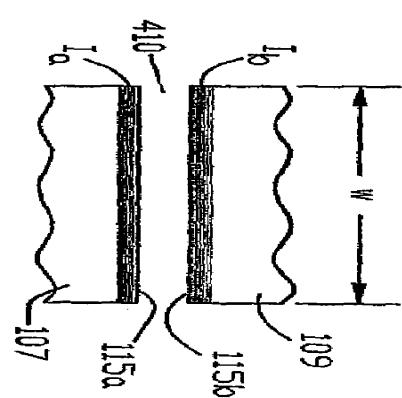


FIG. 3(a)

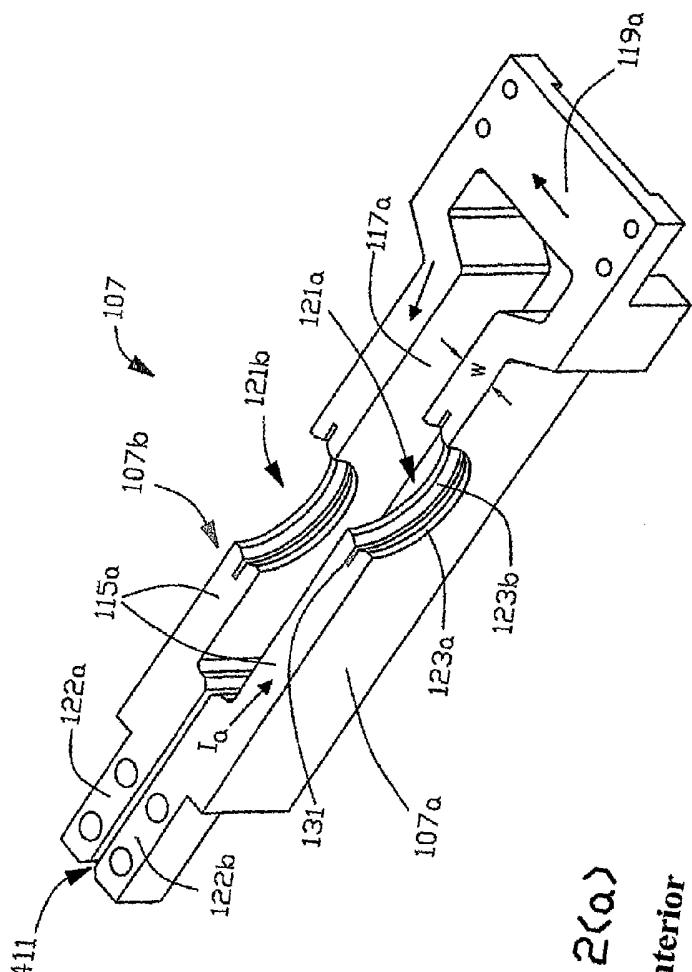


FIG. 2<Q>

Técnica anterior

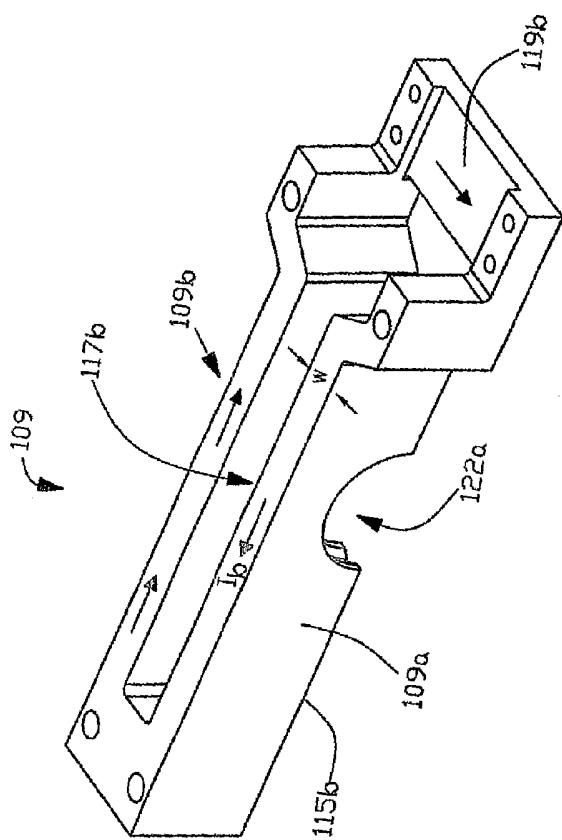


FIG. 2(b)
Técnica anterior

PARA
FORNECER
POTÊNCIA

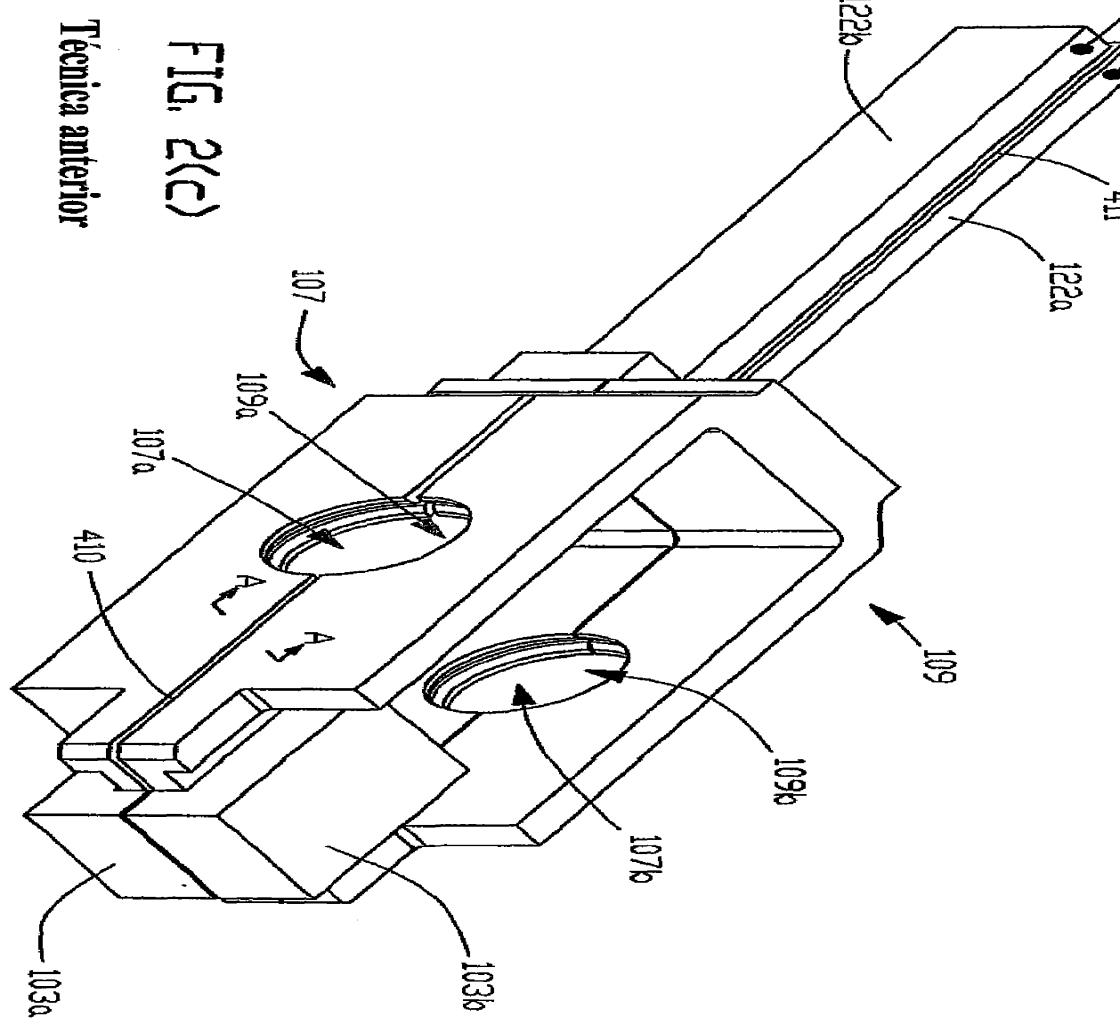


FIG. 2(c)

Técnica anterior

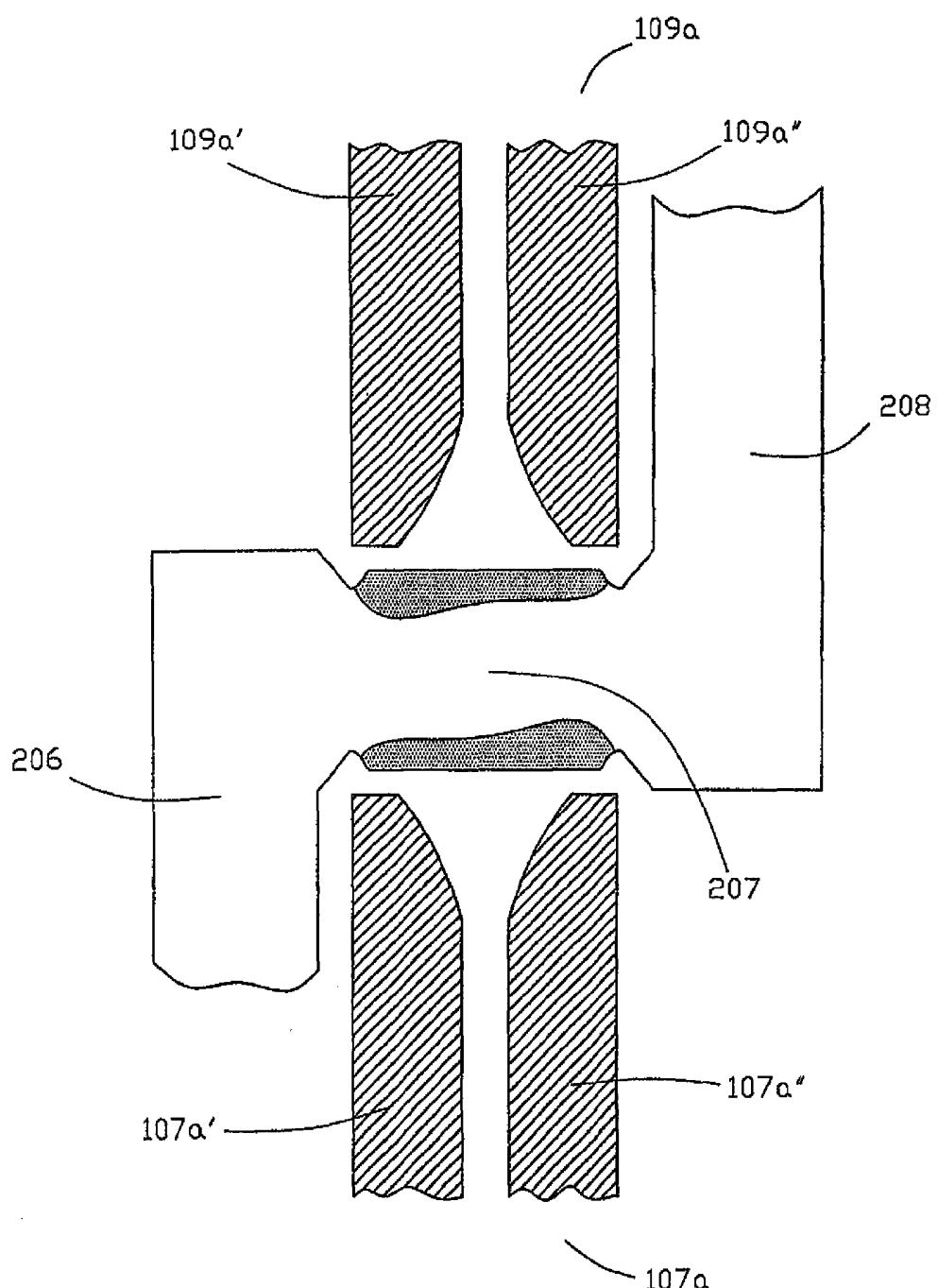


FIG. 4

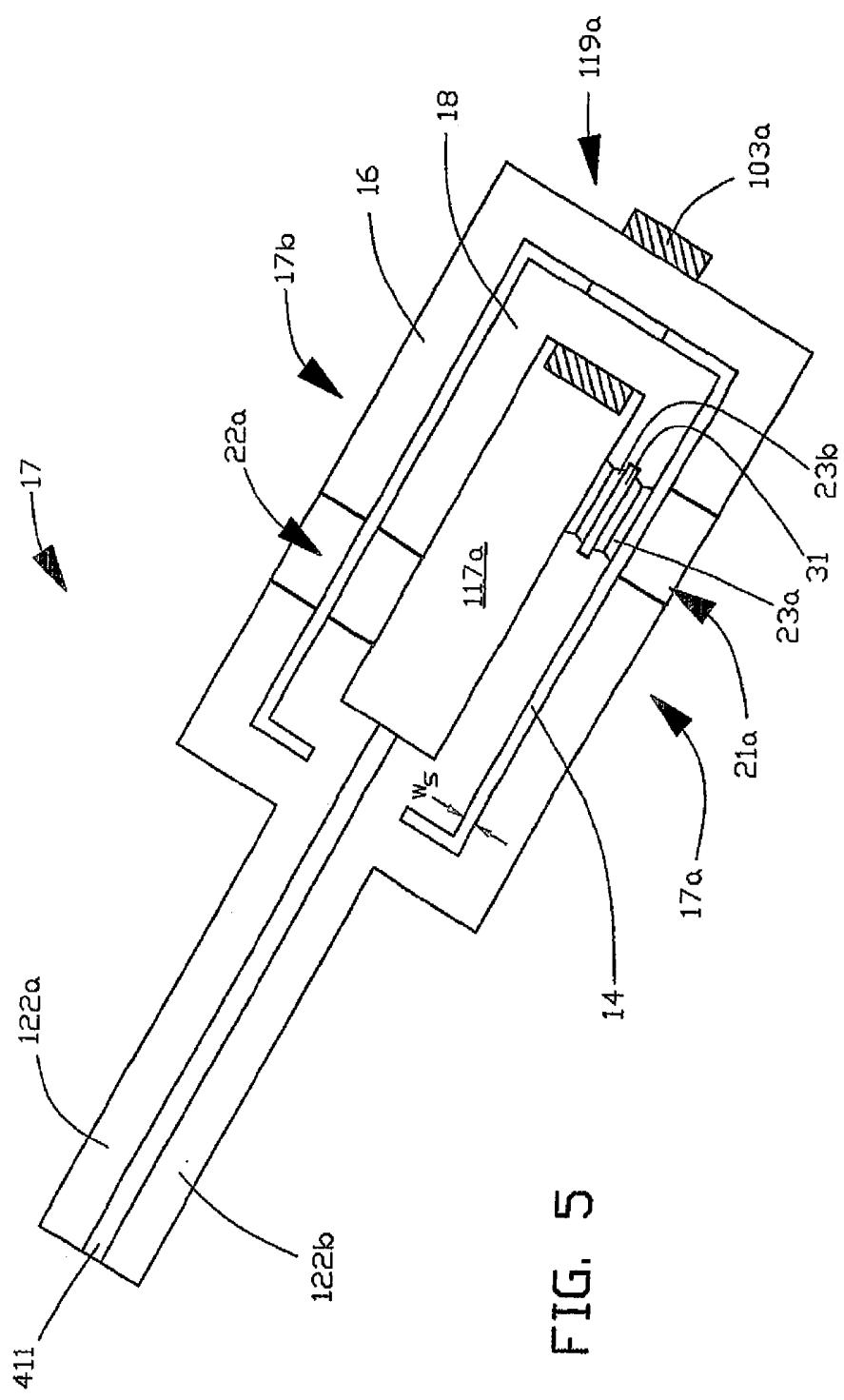


FIG. 5

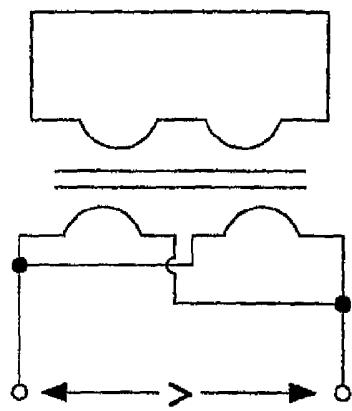


FIG. 9

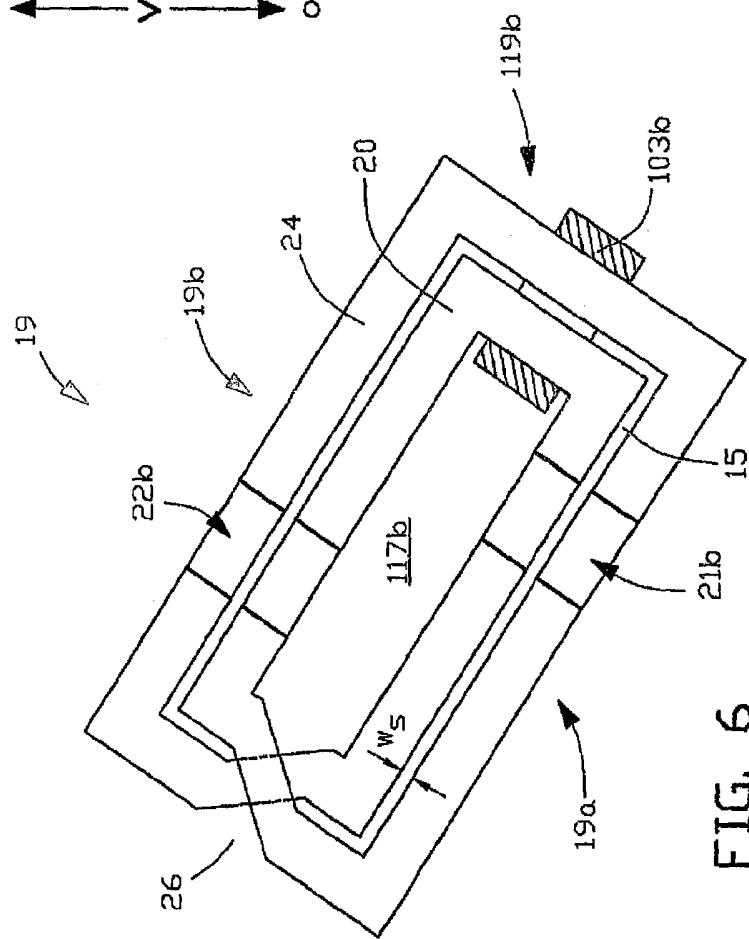


FIG. 6

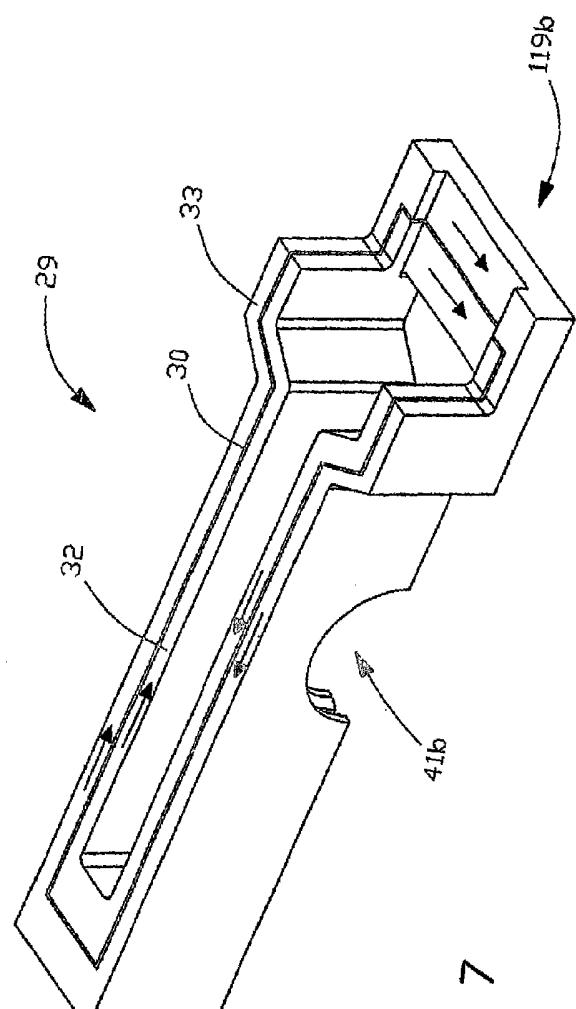


FIG. 7

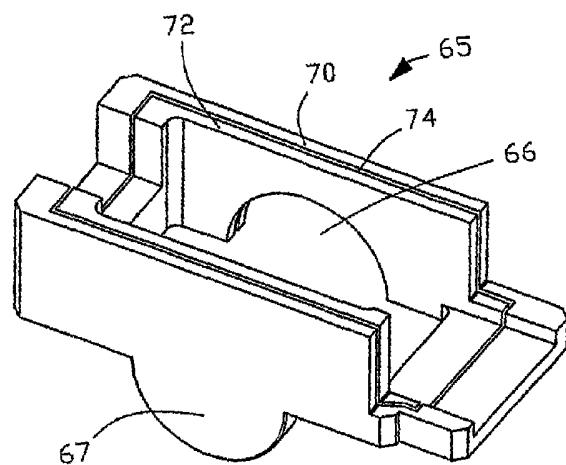


FIG. 8(b)

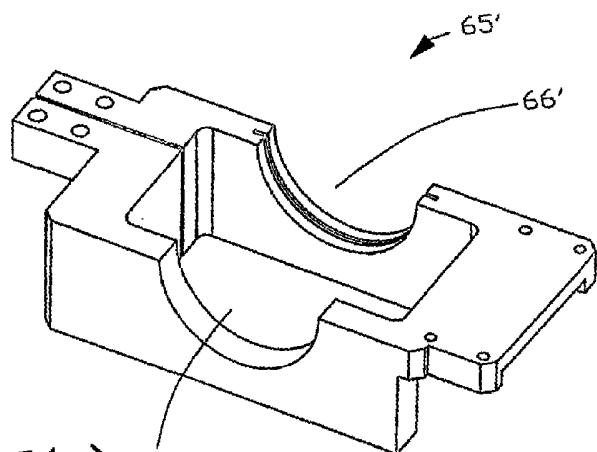


FIG. 8(a) 67'

RESUMO

“INDUTOR PARA AQUECER PELO MENOS UM COMPONENTE SUBSTANCIALMENTE CILÍNDRICO DE UMA PEÇA DE TRABALHO METÁLICA”

Um indutor para aquecimento por indução estacionário de um ou mais componentes de uma peça de trabalho com configuração complexa compreende um par de segmentos indutores. O primeiro segmento indutor é conectado com uma fonte de alimentação de CA de alta freqüência e o segundo segmento indutor é magneticamente acoplado com o campo magnético criado pelo fluxo de corrente CA no primeiro segmento indutor. Aberturas parciais opostas no primeiro e segundo segmentos indutores formam uma abertura em que o componente pode ser indutivamente aquecido. O primeiro e segundo segmento indutor são alternativamente configurados em uma mistura de espira individual, múltiplas espiras individuais ligadas em paralelo, ou bobinas de múltiplas espiras em combinação para reduzir correntes em seção transversal não uniformes através da extensão axial do componente sendo indutivamente termicamente tratado.