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

(11) BR 112012003371-9 B1

(22) Data do Depósito: 25/05/2010

(45) Data de Concessão: 24/04/2018

(54) Título: MÉTODO PARA UNIR CHAPAS DE AÇO

(51) Int.Cl.: B23K 11/11; B23K 11/24

(30) Prioridade Unionista: 14/08/2009 US 61/234,019

(73) Titular(es): ARCELORMITTAL INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO, S.L.

(72) Inventor(es): WENKAO HOU

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**MÉTODO PARA UNIR CHAPAS DE AÇO".**

[001] Esta aplicação reivindica o benefício do pedido provisório Norte-Americano No. Serial 61/234,019 depositado em 14 de agosto de 2009, com o título "Micro Pulsing Resistance Spot e Seam Welding Método for Sheet Metal Unindo," a revelação completa na qual está incorporada aqui por referência e na qual a prioridade é reivindicada.

Campo da invenção

[002] A presente invenção refere-se a soldagem, e mais particularmente a métodos e sistemas para solda a ponto resistiva usando micropulsos de corrente contínua; incluindo a solda a ponto resistiva, incluindo um método de solda a ponto resistiva que pode ser usado para soldar materiais iguais ou diferentes materiais laminados com vida útil do eletrodo prolongada, faixa melhorada da corrente de solda, tamanho grande da solda (alta resistência da junta soldada) e a microestrutura mais fina na pepita soldada. Este método é particularmente adequado para (entre outros) chapa metálica unida com diferentes revestimentos (pesado, oxidado), como USIBOR, aços metálicos galvanizados por imersão a quente etc.

Histórico da invenção

[003] Em um exemplo típico de solda a ponto resistiva, um par de eletrodos trava duas ou mais peças de materiais juntas por uma força predeterminada, e passa pela corrente de solda entre as pontas dos eletrodos através das peças de materiais. Conforme a corrente de solda flui pelas peças de materiais, a resistência dos materiais para o fluxo da corrente faz com que os materiais aqueçam seu ponto de fusão inerente. O material fundido resultante solidifica na força de fixação predeterminada para formar a junta soldada, ou pepita.

[004] Os processos convencionais da solda a ponto resistivo usado para soldar duas ou mais peças de materiais laminados juntos

podem aplicam a corrente alternada (AC) ou corrente contínua (DC). A faixa operacional da corrente é definida como os valores da corrente de solda entre a corrente de solda para o tamanho da solda mínimo projetado (a corrente de solda mínima) e a corrente de solda de expulsão (a corrente de solda máxima). A entrada da corrente de solda pode ser um ou mais pulsos. O tempo de cada pulso da corrente de solda pode variar de um ciclo por segundo a seis ciclos ou mais por segundo.

[005] A faixa da corrente de solda é definida como a diferença entre a corrente de solda com limite inferior (ou seja, o mínimo) necessária para produzir o tamanho mínimo da pepita de solda e a corrente de solda com limite superior (ou seja, o máximo) que causa respingo do metal fundido. Os testes de soldabilidade da solda a ponto resistiva (RSW) revelaram que quando o modo da corrente DC de solda é empregado não há faixa da corrente de solda estável para medidor fino (0,91 mm) USIBOR® 1500P e uma faixa da corrente de solda muito estreita para 1,52 mm USIBOR® 1500P. Os testes de soldabilidade RSW também mostraram que quando a corrente AC de solda é usada há uma e faixa da corrente de solda estável. Os resultados experimentais indicam que a deterioração da superfície da ponta do eletrodo para DC é muito mais alta do que para AC. O uso da força de solda mais alta, tempo de solda mais longo e eletrodos com tamanho maior podem aumentar a faixa da corrente de solda para soldagem DC. Entretanto, os resultados experimentais também revelaram que a melhoria para a vida útil do eletrodo é muito limitado da otimização do parâmetro de soldagem.

[006] O equipamento de soldagem da resistência da corrente contínua (DC) de baixa frequência e o equipamento de soldagem da resistência da corrente contínua (MFDC) de média frequência geram a saída da corrente DC secundária constante para soldagem. O equi-

pamento de soldagem da resistência (MFDC) da corrente contínua de média frequência utiliza os pulsos de frequência de 400 a 2,500 Hz em vez da frequência de corrente alternada base (50 ou 60 Hz) para transformar a corrente primária em corrente secundária. Assim, o tamanho do equipamento de soldagem MFDC é significantemente reduzido comparado a AC e ao equipamento de soldagem DC de baixa frequência. A corrente de soldagem de saída do equipamento de soldagem de resistência MFDC permanece constante. Além disso, o equipamento de soldagem MFDC não causa distúrbios da linha de fonte de alimentação como é o caso com o equipamento de soldagem DC e AC de baixa frequência.

[007] O equipamento MFDC da solda a ponto resistiva é amplamente usado em indústrias automotivas, de fabricação de aparelhos e de aviões, por causa de seu pequeno tamanho, peso leve e controlabilidade, e é particularmente adequado para as aplicações robóticas. Por outro lado, o tamanho, peso e/ou controle do equipamento RSW de AC não é adequado para as mesmas aplicações. Desta forma, seria vantajoso desenvolver um método inovador de solda a ponto resistiva para obter um processo robusto da solda a ponto resistiva com as faixas da corrente de solda ampliadas, a vida útil do eletrodo prolongada, fina microestrutura na pepita de solda, resistência excelente da junta soldada, ou qualquer combinação destas funções.

Sumário da invenção

[008] As modalidades aqui descritas fornecem métodos e sistemas para solda a ponto resistiva usando micropulsos de corrente contínua.

[009] Por exemplo, uma modalidade de métodos e sistemas para solda a ponto resistiva usando micropulsos de corrente contínua compreende um método compreendendo as etapas de formação da junta de solda aplicando uma pluralidade de micropulsos de corrente contí-

nua em pelo menos duas peças de materiais através de um primeiro eletrodo e um segundo eletrodo. Outra modalidade de métodos e sistemas para solda a ponto resistiva usando micropulsos de corrente contínua compreende um sistema compreendendo um primeiro eletrodo e um segundo eletrodo configurados para formar uma junta de solda unindo pelo menos duas peças de materiais juntas aplicando uma pluralidade de micropulsos de corrente contínua em pelo menos duas peças de materiais.

[0010] Outras modalidades e ainda detalhes em vários aspectos da invenção, incluindo aparelhos, sistemas, métodos, kits, artigos, montagens e semelhantes que constituem parte da invenção, se tornarão mais evidentes ao ler a descrição detalhada a seguir das modalidades exemplares e visualizar os desenhos. Deve ser entendido que a invenção não é limitada em sua aplicação aos detalhes estabelecidos na descrição, figuras e reivindicações a seguir, mas é capaz de outras modalidades e de ser praticada ou realizada de várias maneiras.

Breve descrição dos desenhos

[0011] Estas e outras funções, aspectos e vantagens da invenção serão melhor entendidas quando a seção Descrição Detalhada a seguir for lida com referência aos desenhos anexos, em que:

[0012] a figura 1 é um fluxograma de um primeiro método para solda a ponto resistiva usando micropulsos de corrente contínua de acordo com uma modalidade da invenção;

[0013] a figura 2 é um fluxograma de um segundo método para solda a ponto resistiva usando micropulsos de corrente contínua de acordo com uma modalidade da invenção;

[0014] a figura 3 é um diagrama em blocos de um sistema para solda a ponto resistiva usando micropulsos de corrente contínua de acordo com uma modalidade da invenção;

[0015] a figura 4 é um gráfico mostrando um exemplo de formas

de onda da corrente de solda medida para um processo MPDC, um processo convencional MFDC, e um processo convencional AC de acordo com uma modalidade da invenção;

[0016] a figura 5 é um gráfico mostrando um exemplo das comparações da faixa da corrente de solda medida do processo MFDC convencional e um processo MPDC de acordo com uma modalidade da invenção;

[0017] a figura 6 é um gráfico mostrando um exemplo das comparações do tamanho da solda medido e da corrente de solda de um processo MFDC convencional e um processo MPDC de acordo com uma modalidade da invenção; e

[0018] as figuras 7A e 7B são ilustrações das microestruturas das pepitas de solda respectivamente formadas por um processo DC convencional e um processo MPDC de acordo com uma modalidade da invenção.

Descrição detalhada da(s) modalidade(s) preferida(s)

[0019] Agora a referência será feita em detalhes às modalidades exemplares e métodos da invenção conforme ilustrado nos desenhos anexos, nos quais caracteres com referência igual designam partes iguais ou correspondentes por todos os desenhos. Deve ser observado, entretanto, que a invenção em seus aspectos mais amplos não está limitada aos detalhes específicos, dispositivos e métodos representativos, e exemplos ilustrativos mostrados e descritos em conexão com as modalidades exemplares e métodos.

[0020] Em um método exemplar para solda a ponto resistiva usando micropulsos de corrente contínua, um par de eletrodos fixa duas peças de materiais (ou seja, a peça) juntos por uma solda predeterminada ou uma força de fixação. O par de eletrodos pode compreender uma liga a base de cobre, e fixar as duas peças de material juntas por uma força de solda projetada, como aproximadamente 5kN. Um con-

trolador de solda está em comunicação com os eletrodos e configurado para controlar um ou mais parâmetros de solda, incluindo a força de solda, magnitude da corrente de solda, duração da solda, número total de soldas, e duração de tempo desligado.

[0021] O par de eletrodos aplica uma pluralidade de micropulsos de corrente contínua em pelo menos duas peças de materiais entre o par de eletrodos. A pluralidade de micropulsos de corrente contínua pode compreender uma série de pulsos curtos da corrente contínua (por exemplo, de um a dez milissegundos) separados por uma série de curtos períodos de tempo de desligamento. A magnitude de cada micropulso da corrente contínua pode ser um ou mais do que vinte mil amperes (por exemplo, 5,000 amperes). Usando uma sequência de micropulsos de corrente contínua, as duas peças de materiais são localmente fundidas, formando assim uma junta de solda que une as duas peças de materiais juntas.

[0022] Agora com referência aos desenhos nos quais os numerais indicam elementos semelhantes através das várias figuras, a figura 1 é um fluxograma de um primeiro método para solda a ponto resistiva usando micropulsos de corrente contínua de acordo com uma modalidade da invenção. O método começa com um par de eletrodos aplicando uma pluralidade de micropulsos de corrente contínua em pelo menos duas peças de material em 102. Os materiais podem compreender várias substâncias adequadas para solda a ponto resistiva, como um ou mais tipos de metal, como aço. O medidor do material de soldagem pode variar com base no desenho da junta soldada. Por exemplo, em uma modalidade, pelo menos as duas peças de materiais compreendem duas peças de aço 0,91 mm USIBOR® 1500P.

[0023] Cada micropulso da corrente contínua pode compreender um pulso com um ou mais de vinte quiloamperes (kA) com uma duração de 1 a 10 milissegundos (ms). Em outras modalidades, um micro-

pulso da corrente contínua pode durar aproximadamente 1 a 10 ms, e têm uma magnitude de 1-20 kA (ou seja, 1000 amperes – 20000 amperes). Cada micropulso da corrente contínua pode ser separado por uma corrente de solda desligada. Cada corrente de solda desligada pode durar aproximadamente de 1 a 10 ms. Durante a corrente de solda desligada, nenhuma corrente ou corrente muito baixa é aplicada em pelo menos duas peças de materiais.

[0024] Em algumas modalidades, a corrente de solda desligada pode substancialmente ter a mesma duração que a corrente de solda ligada (ou duração de micropulso). Em outras modalidades, a corrente de solda desligada é diferente da corrente de solda ligada.

[0025] Aplicando uma pluralidade de micropulsos de corrente contínua, uma junta de solda unindo pelo menos duas peças de materiais juntas é formada em 104. Uma ou mais juntas de solda, ou pepitas de solda, podem ser formadas ou criadas. Em uma modalidade, uma pluralidade de juntas de solda é criada ao longo de uma camada entre dois materiais.

[0026] A figura 2 é um fluxograma de um segundo método para solda a ponto resistiva usando micropulsos de corrente contínua de acordo com uma modalidade da invenção. Na etapa 202, pelo menos duas peças de materiais são fixadas juntas. Um par de eletrodos pode fixar os materiais juntos em uma força de solda predeterminada. A força predeterminada pode ser aproximadamente 1-10 quilonewtons (kN). Como um exemplo, os eletrodos podem fixar as peças de material com uma força de aproximadamente 5 kN. Ema algumas modalidades, mais do que duas peças de material são ficadas juntas.

[0027] Depois, um micropulso da corrente contínua é aplicado em pelo menos duas peças de materiais em 204. A magnitude de cada um dos micropulsos de corrente contínua pode estar entre 1 kA e 20 kA. A duração de cada um dos micropulsos de corrente contínua pode estar

entre 1 ms e 10 ms.

[0028] Após o micropulso da corrente contínua ser aplicado em 204, a corrente de solda é desligada durante um período de desligamento em 206. Durante o período desligado 206, nenhuma corrente, ou uma corrente muito baixa pode ser aplicada. Uma duração do período desligado pode estar entre 1 ms e 10 ms.

[0029] As etapas 204 e 206 podem ser repetidas conforme necessário para formar a junta de solda. A resistência da solda é determinada pelo número total e duração de cada micropulso da corrente contínua 204 e da corrente desligada 206. Durante o método mostrado na figura 2, os micropulsos de corrente contínua 204 aquecem o material localizado entre os dois eletrodos na temperatura de fusão, assim formando a junta soldada, ou pepita de solda.

[0030] A figura 3 é um diagrama em blocos de um sistema para solda a ponto resistiva usando micropulsos de corrente contínua de acordo com uma modalidade da invenção. Conforme mostrado na figura 3, o dispositivo compreende um primeiro eletrodo 302 e um segundo eletrodo 304. O primeiro eletrodo 302 e o segundo eletrodo 304 são mostrados em comunicação com um controlador de solda 310.

[0031] O primeiro eletrodo 302 e o segundo eletrodo 30 fixam, ou prendem juntos, uma primeira peça de material 306 e uma segunda peça de material 308. Os eletrodos 302, 304 seguram os materiais 306, 308 juntos por uma força predeterminada. O primeiro eletrodo 302 e um segundo eletrodo 304 são configurados para aplicar um pulso elétrico, como um micropulso da corrente contínua, na peça.

[0032] O controlador de solda 310 pode controlar vários parâmetros de solda do processo de soldagem. Os parâmetros de solda compreendem a força de solda, a frequência da soldagem (ou seja, a duração dos pulsos da solda e o tempo desligado), tempo total de soldagem (ou seja, o número total dos pulsos de solda), e a corrente da sol-

dagem. O controlador de solda 310 pode manipular os vários parâmetros de solda com base pelo menos em parte nas características específicas de um projeto de solda. Por exemplo, o controlador de solda 310 pode controlar um ou mais parâmetros de solda baseados pelo menos em parte de um desenho de junta de uma junta de solda unindo pelo menos duas peças de material, um medidor de pelo menos uma das duas peças de materiais, um revestimento de pelo menos uma das duas peças de materiais, uma composição química do material de pelo menos uma de duas peças de materiais, uma ou mais propriedades mecânicas de pelo menos uma de duas peças de materiais, um tamanho do par de eletrodos, ou uma magnitude da força de solda.

[0033] Em algumas modalidades, os controladores da solda a ponto resistiva MFDC comercialmente disponível podem ser usados como o controlador de soldagem 310. Como um exemplo, o controlador de soldagem 310 pode compreender o Controle de Soldagem da Série 3000 da Welding Technology Corporation.

[0034] A figura 4 é um gráfico mostrando um exemplo de formas de onda da corrente de solda medida para um processo MPDC, um processo MFDC convencional, e um processo AC convencional de acordo com uma modalidade da invenção. O eixo y, conforme mostrado à esquerda, representa a corrente, medida em centenas de amperes (kA). O eixo x representa o tempo de solda, medido em milissegundos (ms). De acordo com a modalidade mostrada na figura 4, as formas de onda, ou medições do tempo total da corrente, são mostradas para corrente contínua de micropulso 402, corrente contínua de equipamento de soldagem MFDC 404, e corrente alternada 406.

[0035] Conforme mostrado na figura 4, um método convencional para solda a ponto resistiva aplica uma corrente contínua estável 404 na peça. A corrente contínua estável 404 pode ser aproximadamente 5 kA (esta corrente varia de 1 a mais do que 20 kA com base nos mate-

riais unidos e medidor), e a duração do processo de soldagem. Outro método convencional para solda a ponto resistiva aplica uma corrente alternada 406 na peça. Conforme mostrado na figura 4, a corrente alternada 406 periodicamente alterna entre aproximadamente sete negativo (-7) kA e sete positivo (+7) kA com um período de aproximadamente 15 ms (a corrente varia de 1 a mais do que 20 kA com base nos materiais unidos e medidor).

[0036] Ao contrário do método convencional de solda a ponto resistiva, a solda a ponto resistiva usando micropulsos de corrente contínua 402 usa uma sequencia de pulsos de corrente contínua curta, ou micropulsos. Tais pulsos de corrente contínua curta (ou seja, micropulsos) contrastam com o ciclo de pulsação da corrente convencional, que tipicamente envolve pulsar larguras de ponta no excesso de 40 ms. Conforme mostrado na figura 4, cada micropulso dura aproximadamente 4 ms, e é seguido por um período desligado que dura aproximadamente 4 ms. A duração da corrente do pulso e a corrente desligada subsequente pode apenas durar poucos milissegundos, por exemplo, aproximadamente 1 a 10 ms. Em uma modalidade, o micropulso da corrente contínua e desligada duram 1 ms cada. Em outras modalidades, o micropulso da corrente contínua e desligada duram 2ms, 3 ms, 3.5 ms, 4 ms, 4.5 ms, 5 ms, ou 10 ms cada.

[0037] A corrente desligada entre os micropulsos de corrente contínua pode ser de duração comparável, por exemplo, aproximadamente 1 a 10 ms. Em algumas modalidades, a duração do micropulso da corrente contínua é substancialmente igual a duração da desligada. Em outras modalidades, a duração do micropulso da corrente contínua é diferente da duração da desligada. Como um exemplo, uma solda tendo 100 micropulsos de corrente contínua pode ter um tempo total de solda de aproximadamente 800 ms, com cada micropulso da corrente contínua durando 5 ms, e cada ciclo desligado durando 3 ms. A

pluralidade de micropulsos de corrente contínua pode ser numerada em qualquer lugar de 3 ou mais, por exemplo, 5, 10, 50, 80, 100, ou mais micropulsos.

[0038] A magnitude da corrente de solda para cada micropulso, a corrente de solda ligada e desligada, e o número total de micropulsos (ou o tempo total de solda) pode ser ajustado a partir do controlador da corrente de solda do soldador de resistência com base no desenho de junta soldado. A magnitude do micropulso da corrente contínua pode ter como base pelo menos parte das propriedades dos materiais e medidor a ser soldado juntos. Por exemplo, a magnitude do micropulso da corrente contínua pode ter como base: o medidor da peça, um revestimento da peça, composição química do material da peça, propriedades mecânicas da peça, tamanho dos eletrodos, força de solda aplicada, e o tempo total de soldas.

[0039] A solda a ponto resistiva de micropulso oferece várias vantagens nos processos convencionais de soldagem Uma vantagem da solda a ponto resistiva de micropulso possui uma vida útil mais longa da ponta do elétron. Em processos de soldagem convencionais, os eletrodos podem degradar e têm uma vida útil menor do que 200 soldas. Entretanto, usando a solda a ponto resistiva de micropulso, a vida do eletrodo pode ser estendida para 500 ou mais soldas.

[0040] A figura 5 é um gráfico mostrando um exemplo de comparações da faixa da corrente de solda medida do processo MFDC convencional e um processo MPDC de acordo com uma modalidade da invenção. Um processo convencional da corrente contínua solda a ponto de média frequência é representado por curvas DC 502, 504. Um processo de soldagem da corrente contínua de micropulso de acordo com uma modalidade da invenção é representado por curvas MPDC 506, 508. As soldas convencionais e de corrente contínua de micropulso medidas durante um processo de solda usando 0,91 mm

USIBOR® 1500P. Durante o processo de solda, um par de eletrodos domo, cada um com 6,0 mm de diâmetro, prendeu 0,91mm USIBOR® 1500P com uma força de 5,0 kN. O tempo de solda foi 20 ciclos.

[0041] Um primeiro par de curvas, diâmetro da marca DC 502 e diâmetro da marca MPDC 506, ilustra o diâmetro de uma marca da ponta do eletrodo durante um processo de soldagem testado. Para estas curvas de diâmetro da marca, o eixo y à esquerda do gráfico representa o diâmetro da marca em milímetros (mm), e o eixo x representa o número de soldas. Um segundo par de curvas, corrente DC 504 e corrente MPDC 508, ilustra a faixa da corrente medida durante um processo de soldagem testado. Para estas curvas da faixa da corrente, o eixo y à direita do gráfico representa a corrente em kA, e o eixo x representa o número de soldas.

[0042] De acordo com o diâmetro de marca MPDC 506, após 500 soldas, as soldas de corrente contínua de micropulso mantidas em um tamanho de marca da ponta do elétron relativamente estável (aproximadamente 4,5 mm comparadas com o diâmetro da superfície da ponta original de 5,0 mm) com uma faixa da corrente entre aproximadamente 2,11 kA e aproximadamente 1,72 kA. Por outro lado, conforme mostrado pelo diâmetro da marca da corrente contínua 502, a marca da ponta do eletrodo abaixo de 4,0 mm após apenas 200 soldas em um processo convencional. Entretanto, a faixa da corrente de solda do processo da corrente contínua é apenas 0,29 kA. Assim, o processo MPDC fornece uma vida útil mais longa do eletrodo e uma excelente faixa da corrente de soldas conforme comparado a outros processos convencionais da solda a ponto resistiva.

[0043] Outra vantagem da soldagem de resistência do micropulso é uma faixa maior da corrente de solda. A figura 6 é um gráfico mostrando as comparações do tamanho da solda e da corrente de solda de um processo MFDC convencional e um processo MPDC de acordo

com uma modalidade da invenção. Um processo convencional da solda a ponto resistiva de corrente contínua é representado pela curva DC 604. Um processo de soldagem da corrente contínua de micropulso de acordo com uma modalidade da invenção é representado pela curva MPDC 602. O eixo y, mostrado à esquerda, representa um tamanho da solda (ou seja, tamanho de uma pepita de solda ou união da solda) em milímetros (mm). O eixo x representa a corrente de solda em kA. As soldas convencionais e de corrente contínua de micropulso foram medidas durante um processo de solda usando 0,91 mm USIBOR® 1500P. Durante o processo de solda, um par de eletrodos domo cada um com um diâmetro de 5,0 mm, fixou 0,91mm USIBOR® 1500P com uma força de 3,0 kN. O tempo de solda foi de 14 ciclos.

[0044] Conforme mostrado na figura 6, um processo convencional da solda a ponto resistiva de corrente contínua 604 tem uma faixa da corrente de solda relativamente pequena (de aproximadamente 4,6 kA a 5,75 kA) para um tamanho de solda confiável de +4 mm. Por outro lado, a faixa da corrente de solda para solda a ponto resistiva usando micropulsos de corrente contínua é quase dupla, entre aproximadamente 4,75 kA e 6,75kA.

[0045] Métodos e sistemas para solda a ponto resistiva usando micropulsos de corrente contínua podem também produzir tamanhos maiores da junta de solda do que o método convencional de solda a ponto resistivas, por causa da faixa da corrente de solda mais ampla. Comparado com os processos de soldagem convencionais como MFDC, a faixa da corrente de solda MPDC é muito mais ampla. Desta forma, a junta soldada pode ser produzida usando corrente de solda muito mais alta. O tamanho da pepita de solda feito com a solda a ponto resistiva usando micropulsos de corrente contínua é muito maior do que o tamanho da pepita de solda produzida com os processos de soldagem convencionais. Conforme mostrado na figura 6, nas mesmas

condições, as técnicas de soldagem convencionais podem produzir tamanhos de solda não maiores do que 5 mm, em que o processo MPDC produz tamanhos de solda de 5 a 7 mm. Certamente, as juntas de solda maiores obtidas usando micropulsos de corrente contínua transforma em resistência maior da junta de solda do que os métodos convencionais de soldagem. Em um cenário, os modos de fratura de amostras de casca para os métodos MPDC foram mais favoráveis, pois nenhum modo de fratura interfacial foi observado.

[0046] Comparado com os métodos de soldagem convencionais, o método MPDC pode produzir uma microestrutura mais fina na pepita de solda. As figuras 7A e 7B são ilustrações das microestruturas das pepitas de solda respectivamente formadas por um processo DC convencional e um processo MPDC de acordo com uma modalidade da invenção. A figura 7A ilustra a microestrutura de uma pepita de solda produzida pela soldagem convencional DC. A figura 7B ilustra uma pepita de solda produzida pelo processo MPDC para 0,91 mm USIBOR 1500. Conforme mostrado nas figuras 7A e 7B, o método MPDC produz uma microestrutura da pepita de solda “limpa”, que melhora a integridade da junta de solda. Em algumas modalidades, o método MPDC produz pepitas de solda sem inclusões de Al/Si oxidados, que podem produzir juntas de solda mais fortes.

[0047] O método MPDC pode violar a camada de contato interfacial com alta resistência unindo a superfície com as pontas estreitas da corrente de solda, que toram o método particularmente adequado para unir os materiais do metal laminado com diferentes revestimentos (por exemplo, revestimento de alumínio oxidado, revestimento galvanizados por imersão a quente) ou superfícies de aço oxidado.

[0048] A solda a ponto resistiva com MPDC pode ter aplicações amplas em uma ampla variedade de indústrias, incluindo a indústria automotiva, indústria de fabricação de aparelhos, indústria de fabrica-

ção de avião, indústria de fabricação de máquinas agrícolas, e outras indústrias e/ou fabricações. Uma vantagem dos métodos e sistemas para solda a ponto resistiva usando micropulsos de corrente contínua são a amplitude de materiais que podem ser soldados. Alguns materiais que não podem ser soldados usando os processos de soldagem DC convencionais podem ser efetivamente soldados usando a solda a ponto resistiva MPDC.

[0049] A descrição detalhada anteriormente de certas modalidades exemplares da invenção foi fornecida para a finalidade de explicar os princípios da invenção e sua aplicação prática, permitindo assim que outros técnicos no assunto entendam a invenção para várias modalidades e com várias modificações como são adequadas ao uso particular observado. Esta descrição não se direciona para ser exaustiva ou limitar a invenção nas modalidades precisas reveladas. Embora apenas poucas modalidades sejam reveladas em detalhes acima, outras modalidades são possíveis e os inventores pretendem ser abrangentes dentro desta especificação e o escopo das reivindicações anexas. A especificação descreve exemplos específicos para realizar um objetivo mais geral que pode ser realizado de outra forma. As modificações e equivalentes serão evidentes aos profissionais técnicos no assunto e são abrangentes dentro do espírito e escopo das reivindicações anexas e seus equivalentes apropriados. Esta revelação é direcionada para ser exemplar, e as reivindicações são direcionadas para cobrir qualquer modificação ou alternativa que podem ser previsíveis a uma pessoa técnica no assunto.

[0050] Apenas estas reivindicações que usam as palavras "meios para" devem ser interpretadas no sexto parágrafo 35 USC 112. Além disso, nenhuma limitação da especificação deve ser lida em quaisquer reivindicações, a menos que estas limitações sejam expressamente incluídas nas reivindicações.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para unir chapas de aço, compreendendo solda a ponto resistiva de pelo menos duas chapas de aço (306, 308) através de pelo menos dois eletrodos (302, 304) para fundir localmente as chapas de aço, e subsequentemente à fusão local das chapas de aço, solidificar as chapas de aço fundidas localmente para formar uma junta de solda (104, 208) unindo as duas chapas (306, 308),

caracterizado pelo fato de que a solda a ponto resistiva compreende alternar micropulsos de corrente contínua aplicados (102, 204) a pelo menos duas chapas de aço (306, 308) por pelo menos dois eletrodos (302, 304) com tempo de corrente de solda ligada de 1 ms a 10 ms com tempos de corrente de solda desligada de 1 ms a 10 ms no qual nenhuma corrente ou corrente muita baixa em relação aos micropulsos de corrente contínua é aplicada através dos dois eletrodos (302, 304) às chapas de aço (306, 308).

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que nenhuma corrente é aplicada através dos dois eletrodos (302, 304) às chapas de aço (306, 308) durante o tempo de desligamento da corrente de solda.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que corrente muito baixa em relação aos micropulsos de corrente contínua é aplicada através dos dois eletrodos (302, 304) às chapas de aço (306, 308) durante o tempo de desligamento da corrente de solda.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a junta de solda (104, 208) tem uma microestrutura muito fina.

5. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a junta de solda (104, 208) é de 5 a 7 mm.

6. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado

pelo fato de que ainda compreende repetir as etapas de alternar e solidificar para formar múltiplas juntas de solda ao longo da união por solda das chapas de aço (306, 308).

7. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as chapas de aço (306, 308) são chapas de aço galvanizadas a quente.

8. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que ainda compreende pressionar a chapas de aço (306, 308) juntas com uma força de solda durante a alternância dos micropulsos de corrente contínua.

9. Método, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que a força de solda é de 1 kN a 10 kN.

10. Método, de acordo com a reivindicação 1 ou 9, caracterizado pelo fato de que a corrente contínua dos micropulsos tem uma magnitude entre 1 kA e 20 kA.

FIG. 1

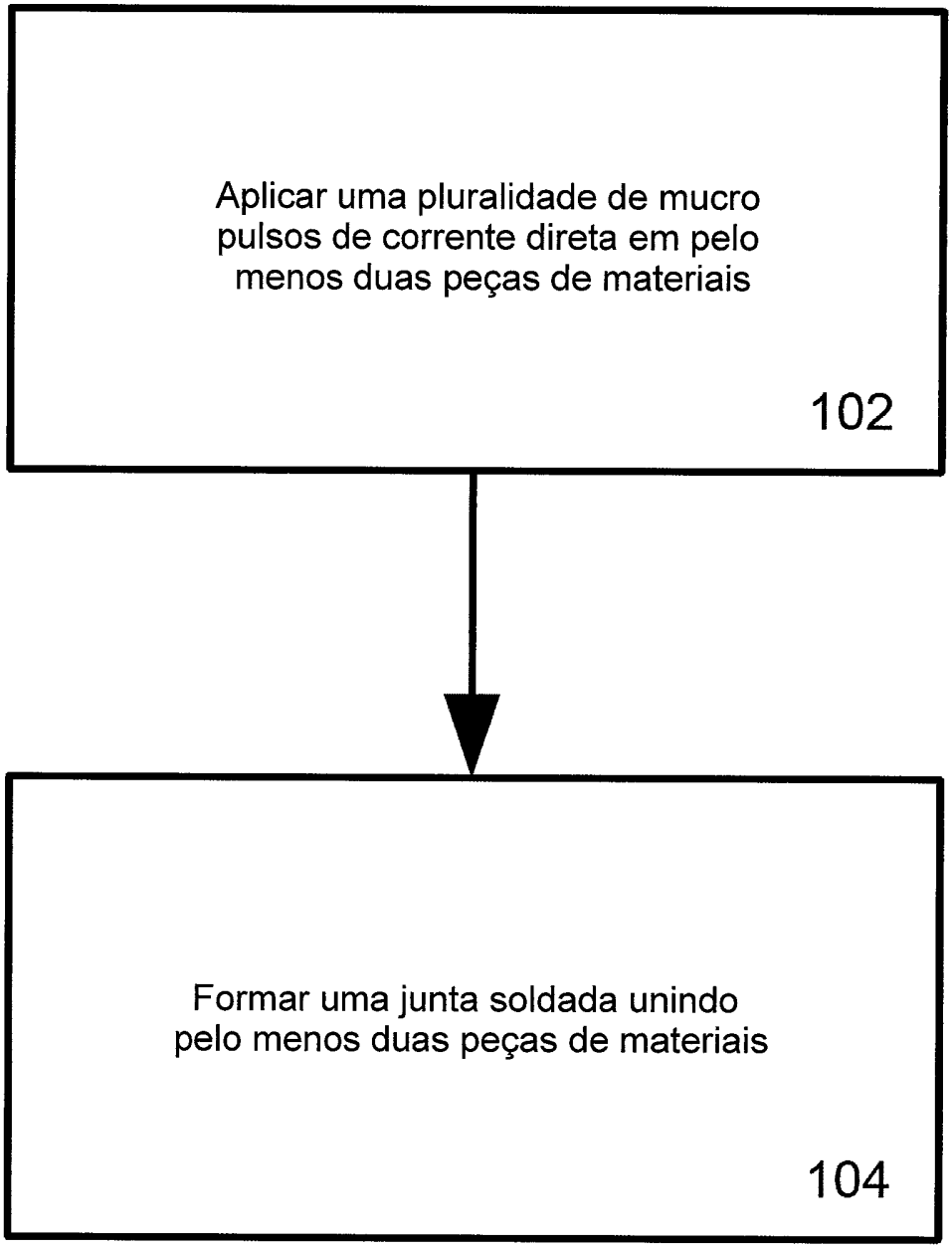

Aplicar uma pluralidade de mucro pulsos de corrente direta em pelo menos duas peças de materiais
102
Formar uma junta soldada unindo pelo menos duas peças de materiais
104

FIG. 2

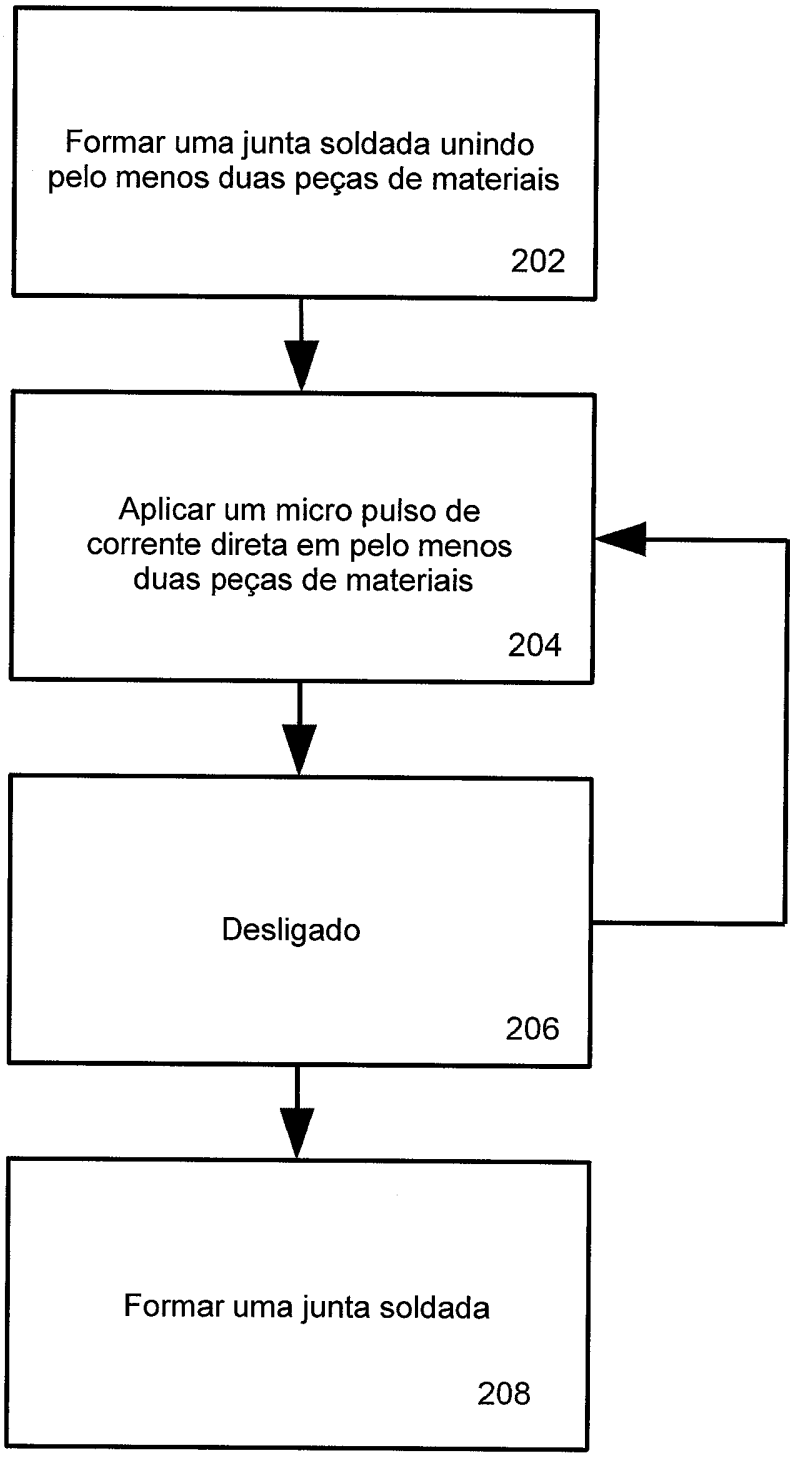

Formar uma junta soldada unindo pelo menos duas peças de materiais
202
Aplicar um micro pulso de corrente direta em pelo menos duas peças de materiais
204
Desligado
206
Formar uma junta soldada
208

FIG. 3

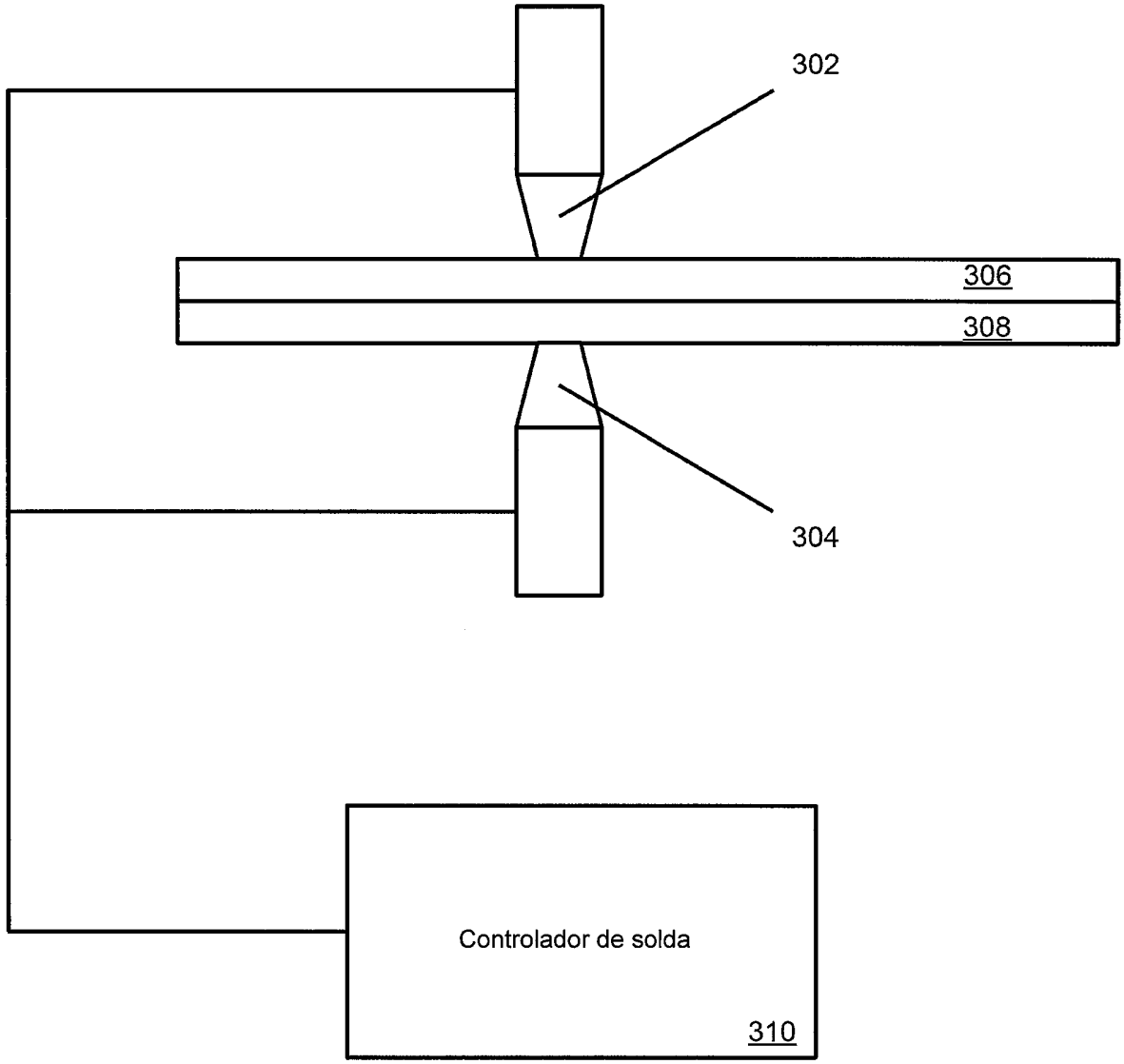


FIG. 4

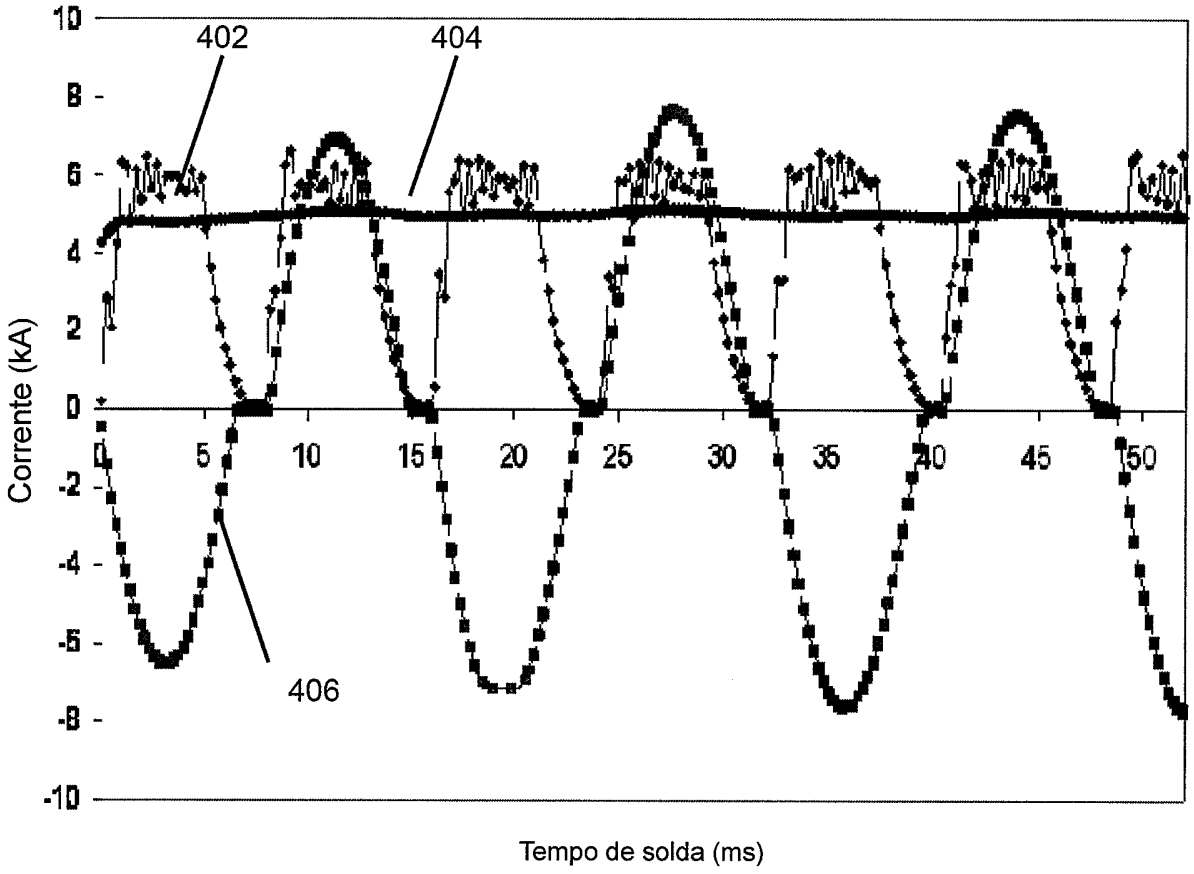

402
404
406
10
8
6
4
2
0
-2
-4
-6
-8
-10
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
Corrente (kA)
Tempo de solda (ms)

FIG. 5

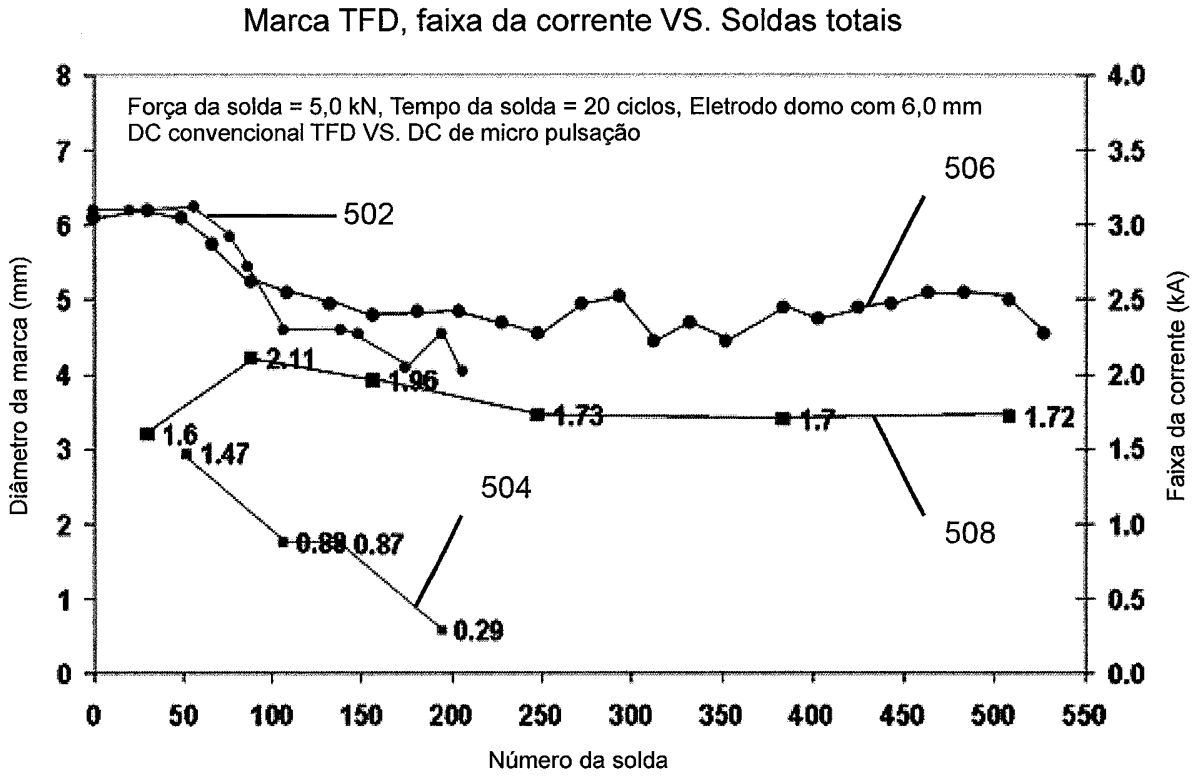

Marca TFD, faixa da corrente VS. Soldas totais
Força da solda = 5,0 kN, Tempo da solda = 20 ciclos, Eletrodo domo com 6,0 mm
DC convencional TFD VS. DC de micro pulsação
502
506
504
508
2.11
1.96
1.73
1.7
1.72
1.6
1.47
0.88
0.87
0.29
Diâmetro da marca (mm)
Faixa da corrente (kA)
Número da solda
0
50
100
150
200
250
300
350
400
450
500
550
1
2
3
4
5
6
7
8
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

FIG. 6

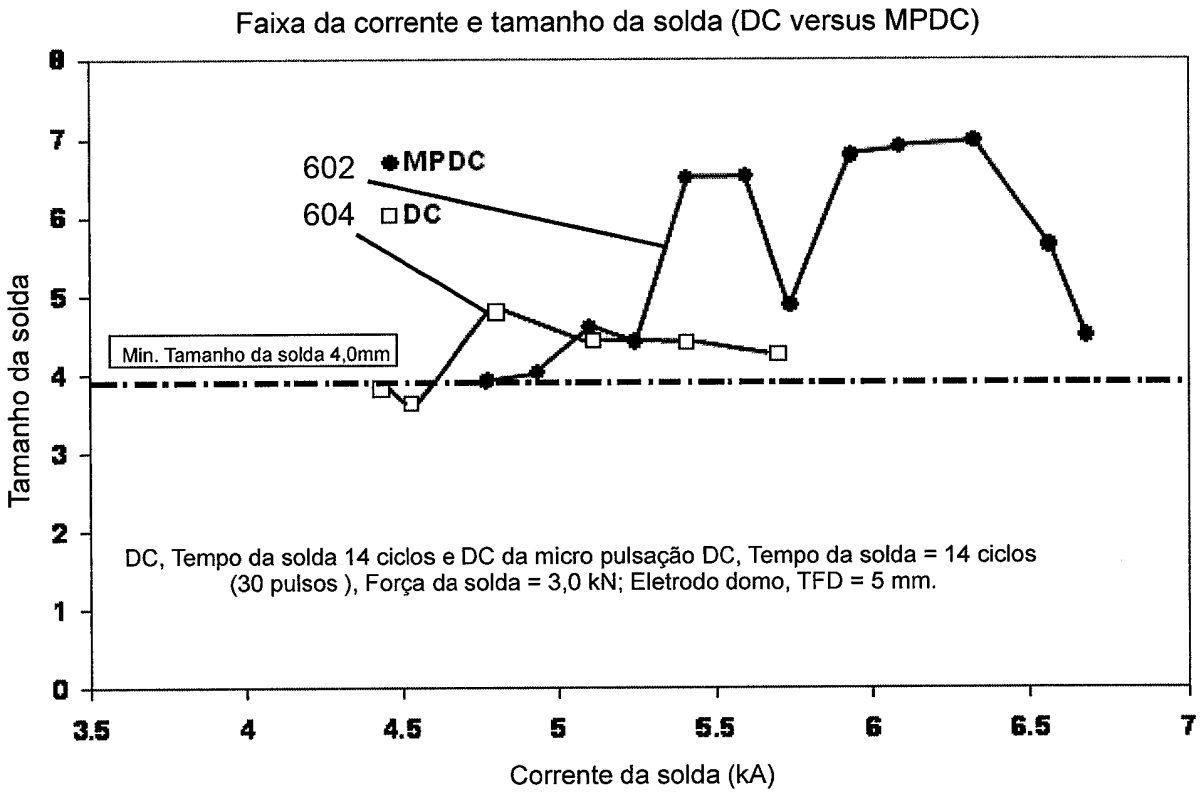

Faixa da corrente e tamanho da solda (DC versus MPDC)
602 MPDC
604 DC
Min. Tamanho da solda 4,0mm
DC, Tempo da solda 14 ciclos e DC da micro pulsação DC, Tempo da solda = 14 ciclos
(30 pulsos), Força da solda = 3,0 kN; Eletrodo domo, TFD = 5 mm.
Tamanho da solda
Corrente da solda (kA)
0
1
2
3
4
5
6
7
8
3.5
4
4.5
5
5.5
6
6.5
7

FIG. 7A



FIG. 7B

