



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

(11) PI 0718907-9 B1

(22) Data do Depósito: 14/11/2007

(45) Data de Concessão: 10/11/2015
(RPI 2340)



(54) Título: MATERIAL DE BRASAGEM À BASE DE FERRO, MATERIAL DE BRASAGEM DE ARTIGOS DE AÇO INOXIDÁVEL, E, ARTIGO BRASADO

(51) Int.Cl.: B23K 35/30

(30) Prioridade Unionista: 17/11/2006 SE 0602466-5

(73) Titular(es): ALFA LAVAL CORPORATE AB

(72) Inventor(es): PER SJÖDIN

“MATERIAL DE BRASAGEM À BASE DE FERRO, MÉTODO DE BRASAGEM DE ARTIGOS DE AÇO INOXIDÁVEL, E, ARTIGO BRASADO”

[0001] A presente invenção refere-se a um material de carga de brasagem à base de ferro de alto teor de liga, a um método de brasagem, a um produto brasado com o material de carga de brasagem à base de ferro de alto teor de liga.

A Invenção

[0002] Objetos de diferentes materiais de aço ou materiais de liga à base de ferro são geralmente montados por brasagem ou solda com materiais de brasagem à base de níquel ou à base de cobre. Abaixo, o termo brasagem é usado, mas deve ser entendido que o termo também compreende soldagem. A brasagem é um processo para unir peças de metais, mas a brasagem pode ser também usada para vedar objetos ou revestir objetos. A temperatura de brasagem está abaixo da temperatura solidus original do material de base. Durante a brasagem dos materiais, o material de brasagem é completamente ou parcialmente fundido durante o tratamento térmico.

[0003] A brasagem tradicional de materiais à base de ferro é realizada por meio de materiais de brasagem à base de níquel ou à base de cobre, e estes materiais de brasagem podem causar corrosão devido a, por exemplo, diferenças no potencial do eletrodo. O problema de corrosão será melhorado quando o objeto brasado é exposto a um meio quimicamente agressivo. O uso de material de brasagem à base de níquel ou à base de cobre também pode ser limitado em várias aplicações em alimentos, devido às jurisdições envolvidas.

[0004] Um problema é o ponto de fusão do material de revestimento ou brasagem, que são de alto teor de liga. Quando selecionando um material de brasagem ou um material de revestimento, considerações são baseadas sobre as temperaturas solidus ou liquidus da liga e do material base. Depois,

os materiais de brasagem à base de ferro foram desenvolvidos para a brasagem de objetos de aço inoxidável tradicional. Estes materiais de brasagem à base de ferro estão funcionando muito bem. Um problema irá evidentemente ocorrer quando o material de base de um objeto é um material à base de ferro de alto teor de liga, porque estes materiais de brasagem à base de ferro desenvolvidos por último terão um diferente potencial do eletrodo comparado com o material à base de ferro de alto teor de liga. Diferenças no potencial de eletrodo entre as áreas brasadas e o material de base do objeto podem causar problemas de corrosão quando os objetos de aço de alto teor de liga são usados em alguns meios e aplicações. Os aços de alto teor de liga foram desenvolvidos para obter propriedades melhoradas para aplicações em meios, que são corrosivos, quimicamente agressivos, etc. Assim, existe a necessidade que o material de brasagem, quando brasando aços de alto teor de liga, tenha propriedades similares como resistência à corrosão como o material de base de alto teor de liga, de outra forma o material de brasagem poderia limitar as propriedades do produto brasado.

[0005] Os materiais à base de ferro de alto teor de liga são agora principalmente soldados, porque a diferença nas propriedades entre os atuais materiais de brasagem como por exemplo materiais de brasagem à base de Cu, Ni e Fé é muito ampla. A técnica de soldagem é onerosa e consumidora de tempo e assim não desejada porque a soldagem normalmente resulta em estresses bastante elevados no produto produzido.

[0006] Assim, a presente invenção provê um novo material de brasagem à base de ferro, que tem um potencial de eletro mais igual entre as áreas brasadas e o material à base de ferro de alto teor de liga do objeto. A presente invenção não tem uma propriedade de brasar uma área abaixo da temperatura onde o material de brasagem é completamente fundido e ser capaz de encher e umedecer a área e fissuras, etc, quando da brasagem. A

presente invenção assim refere-se a um material de brasagem à base de ferro compreendendo uma liga contendo três ou mais elementos do grupo consistindo de ferro (Fe), cromo (Cr), níquel (Ni), cobre (Cu) e molibdênio (Mo). A liga contém também um ou mais elementos depressores do ponto de fusão selecionados dentre o grupo consistindo de silício (Si), boro (B), e fósforo (P). De acordo com uma alternativa a liga pode conter uma quantidade de cromo (Cr), uma quantidade de níquel (Ni), e uma quantidade de molibdênio 5 (Mo), que são definidas pela fórmula (% em peso Cr +% em peso de Ni +% em peso de Mo) > 33 % em peso. De acordo com outra alternativa a quantidade de cromo (Cr), a quantidade de níquel (Ni), e a quantidade de molibdênio (Mo), podem ser definidas pela fórmula (% em peso Cr +% em peso de Ni +% em peso de Mo) > 38 % em peso. De acordo com outra alternativa a liga pode conter um ou mais elementos depressores do ponto de fusão Q em quantidades definidas pela fórmula Índice = % em peso de P + 1,1 x % em peso de Si + 3 x % em peso de B, em que o valor do Índice está dentro da faixa de cerca de 5% em peso a cerca de 20 % em peso.

[0007] De acordo com uma outra alternativa da invenção o material de brasagem à base de ferro pode compreender uma liga contendo elementos do grupo consistindo de ferro (Fe), cromo (Cr), níquel (Ni), cobre (Cu) e molibdênio (Mo), e elementos depressores do ponto de fusão, que compreendem um ou mais dos elementos do grupo consistindo de silício (Si), boro (B), e fósforo (P), em que Si, B e P estão presentes em 0 quantidades de acordo com a seguinte fórmula: Índice = % em peso de P + 1,1 x % em peso de Si + 3 x % em peso de B em que o valor do Índice está dentro da faixa de cerca de 5% em peso a cerca de 20 % em peso, e que cromo (Cr), níquel (Ni), e molibdênio (Mo), estão dentro das faixas definidas pela fórmula % em peso de Cr +% em peso de Ni +% em peso de Mo > 33 % em peso, ou pela fórmula % em peso de Cr +% em peso de Ni +% em peso de 5 Mo > 38 % em peso, com

a condição que Fe, Cr, Ni, Mo e Cu estão presentes em uma liga e que % em peso de Fe > % em peso de Cr e que % em peso de Ni > % em peso de Mo.

[0008] A presente invenção refere-se também a um material de brasagem à base de ferro compreendendo uma liga contendo essencialmente 15 a 30 por cento, em peso, a seguir % em peso, cromo (Cr), 0 a 5,0% em peso de manganês (Mn), 15 a 30% em peso de níquel (Ni), 0 a 12% em peso de molibdênio (Mo), 0 a 4,0% em peso de cobre (Cu), 0 a 1,0% em peso de nitrogênio (N), 0 a 20% em peso de silício e (Si), 0 a 2,0% em peso de boro (B), 0 a 16% em peso de fósforo (P), e opcionalmente 0,0 a 2,5% em peso de cada um ou mais dos elementos selecionados dentre o grupo consistindo de carbono (C), vanádio (V), titânio (Ti), tungstênio (W), alumínio (Al), nióbio (Nb), háfnio (Hf), e tântalo (Ta); a liga sendo balanceada com Fe, e quantidades pequenas inevitáveis de elementos contaminantes; e em que Si, B e P estão em quantidades efetivas para diminuir a temperatura da fusão, e Si, B, e P estão contidos em quantidades de acordo com a seguinte fórmula : $\text{Índice} = \% \text{ em peso de P} + 1,1 \times \% \text{ em peso de Si} + 3 \times \% \text{ em peso de B}$, e o valor do Índice está dentro da faixa de cerca de 5,5% em peso a cerca de 18 % em peso. De acordo com uma alternativa da invenção a liga pode consistir dos elementos acima mencionados em que cromo está dentro da faixa de cerca de 18 a cerca de 26% em peso ou níquel está dentro da faixa de cerca de 16 a cerca de 26% em peso ou molibdênio está dentro da faixa de cerca de 1,0 a cerca de 12,0 % em peso, ou combinações dos mesmos. De acordo com outra alternativa da invenção a liga pode consistir dos elementos acima mencionados em que cromo está dentro da faixa de cerca de 19 a cerca de 25% em peso ou níquel está dentro da faixa de cerca de 17 a cerca de 26% em peso ou molibdênio está dentro da faixa de cerca de 3,5 a cerca de 8,0 % em peso, ou combinações dos mesmos. De acordo com outra alternativa da invenção a liga pode consistir dos elementos acima mencionados em que

cobre (Cu) estando dentro da faixa de 0,1 a 4,0 % em peso. De acordo com outra alternativa da invenção a liga pode consistir dos elementos acima mencionados em que molibdênio está dentro da faixa de cerca de 2,0 a cerca de 12,0 % em peso. De acordo com outra alternativa da invenção a liga pode consistir dos elementos acima mencionados em que molibdênio está dentro da faixa de cerca de 3,0 a cerca de 9,0 % em peso.

[0009] De acordo com um aspecto alternativo da invenção qualquer um dos elementos pode ser selecionado dentre o grupo consistindo de carbono (C), vanádio (V), titânio (Ti), tungstênio (W), alumínio (Al), nióbio (Nb), háfnio (Hf), e tântalo (Ta) estando em uma quantidade dentro da faixa de cerca de 0 a 1,5 % em peso.

[00010] De acordo com ainda outro aspecto alternativo da presente invenção os elementos contaminantes em uma liga podem ser qualquer um dentre carbono (C), oxigênio (O), e enxofre (S). De acordo com outra alternativa o Ni pode estar presente na liga em uma quantidade dentro da faixa de 0,1 a 1,0. De acordo com outra alternativa o manganês pode estar presente na liga em uma quantidade dentro da faixa de 0,1 a 4,5. De acordo com ainda outro aspecto alternativo da presente invenção a liga pode conter silício dentro da faixa de cerca de 8,0 a cerca de 12% em peso ou boro dentro da faixa de cerca de 0,1 a cerca de 1,0% em peso ou fósforo dentro da faixa de cerca de 5,0 a cerca de 14 % em peso, ou combinações dos mesmos.

[00011] De acordo com ainda outro aspecto alternativo da presente invenção a liga pode conter silício dentro da faixa de cerca de 8,0 a cerca de 12% em peso ou boro dentro da faixa de cerca de 0,1 a cerca de 1,0% em peso ou fósforo dentro da faixa de cerca de 5,0 a cerca de 14 % em peso, ou combinações dos mesmos.

[00012] De acordo com ainda outro aspecto alternativo da presente invenção a liga pode conter silício dentro da faixa de cerca de 8,0 a cerca de

12% em peso e boro dentro da faixa de cerca de 0,25 a cerca de 0,80% em peso de B.

[00013] De acordo com ainda outro aspecto alternativo da presente invenção a liga pode conter fósforo dentro da faixa de cerca de 7,0 a cerca de 13 % em peso.

[00014] De acordo com ainda outro aspecto alternativo da presente invenção a liga pode conter silício dentro da faixa de cerca de 2,0 a cerca de 8,0% em peso e fósforo dentro da faixa de cerca de 2,0 a cerca de 8,0 % em peso.

[00015] De acordo com outro aspecto alternativo da presente invenção a liga pode conter silício em menos do que 10% em peso ou boro em menos do que 1,5% em peso ou fósforo em menos do que 12 % em peso, ou combinações dos mesmos.

[00016] De acordo com outro aspecto alternativo da presente invenção a liga pode conter silício dentro da faixa de cerca de 8,0 a cerca de 12% em peso e boro está dentro da faixa de cerca de 0,1 a cerca de 1,5 % em peso.

[00017] De acordo com outro aspecto alternativo da presente invenção a liga pode conter silício dentro da faixa de cerca de 2,5 a cerca de 9,0% em peso e fósforo está dentro da faixa de cerca de 2,5 a cerca de 9,0 % em peso.

[00018] O ciclo de brasagem envolve tanto a fusão como a solidificação do material de brasagem. A temperatura de fusão e temperatura de solidificação podem ser iguais para materiais muito específicos, mas a situação comum é que os materiais estão fundidos dentre da faixa de temperatura de fusão, e solidificando dentro de outra faixa de temperatura de solidificação. A faixa de temperatura entre o estado solidus e o estado liquidus é aqui definida como a diferença de temperatura entre o estado solidus e o estado liquidus, e é medida em um número de °C. O material de brasagem da invenção tem assim uma faixa de temperatura entre o estado

solidus e o estado liquidus, que de acordo com um aspecto alternativo da invenção pode estar dentro da faixa de temperatura de 200°C. De acordo com outra alternativa a liga pode ter uma temperatura solidus e uma temperatura liquidus dentro de uma faixa de temperatura de 150°C. De acordo com outra alternativa a liga pode ter uma temperatura solidus e uma temperatura liquidus dentro da faixa de temperatura 100°C. De acordo com outro aspecto alternativo da invenção a liga pode ter uma temperatura solidus e uma temperatura liquidus dentro de uma faixa de 75°C. De acordo com outro aspecto alternativo da invenção a liga pode ter uma temperatura solidus e uma temperatura liquidus dentro de uma faixa de 50°C.

[00019] A liga da invenção pode ser obtida de modo apropriado por processos de atomização de gás o água, por processos de rotação em fusão, por trituração dos lingotes, contendo o material de liga à base de ferro, ou por misturação de liga como aços de alto teor de liga com ligas contendo Si, P, B, ou combinações dos mesmos, em uma quantidade maior do que os aços de alto teor de liga usados quando misturando ou por mistura de liga como ligas com alto teor de cromo, teor de níquel, teor de molibdênio ou combinações dos mesmos, com ligas contendo Si, P, B, ou combinações dos mesmos, em uma quantidade maior do que as ligas usadas quando misturando.

[00020] De acordo com um outro aspecto alternativo da presente invenção o material de brasagem à base de ferro pode ser fabricado como uma pasta. A pasta de brasagem à base de ferro invenção pode compreender o material de brasagem à base de ferro e um sistema aglutinante aquoso ou um sistema aglutinante orgânico. O sistema aglutinante pode compreender um solvente, que pode ser hidrofílico ou hidrofóbico, isto é, à base d'água ou à base de óleo. O aglutinante à base de óleo pode ser polímeros como poli (met) acrilato dentre outros, pode ser biopolímeros como derivados de celulose, amidos, ceras, etc. De acordo com outra alternativa a pasta de brasagem à

base de ferro da invenção pode compreender o material de brasagem à base de ferro e um sistema aglutinante aquoso ou um sistema aglutinante orgânico com base em um solvente como água, óleos, ou combinações dos mesmos. A liga composta na pasta pode estar na forma de pó, grânulos etc.

[00021] A presente invenção refere-se também a um método de brasagem de artigos de aço inoxidável, compreendendo as seguintes etapas: etapa (i) aplicar o material de brasagem da invenção sobre as peças de aço inoxidável; etapa (ii) opcionalmente montar as peças; etapa (iii) aquecer as peças da etapa (i) ou etapa (ii) em uma atmosfera não oxidante, em uma atmosfera redutora, em vácuo ou combinações dos mesmos até uma temperatura de pelo menos 900°C, e então brasar as peças na temperatura de pelo menos 1070°C durante pelo menos 15 minutos; e opcionalmente etapa (iv) repetir uma ou mais dentre as etapa (i), etapa (ii) e etapa (iii). Diferentes produtos brasados precisam de diferentes procedimentos de brasagem; alguns produtos podem ser brasados apenas passando através da etapa (i), etapa (ii) e etapa (iii), mas outros produtos são mais complicados e uma ou mais das etapa (i), etapa (ii) e etapa (iii) precisam ser repetidas, como indicado na etapa (iv).

[00022] De acordo com uma alternativa da invenção as peças são brasadas na temperatura de pelo menos 1100°C.

[00023] De acordo com uma alternativa da invenção o método também pode compreender que as partes na etapa (iii) sejam aquecidas em uma atmosfera não oxidante, em uma atmosfera redutora, em vácuo, ou combinações dos mesmos, até uma temperatura de pelo menos 250°C durante pelo menos 10 minutos, então aquecer as peças até uma temperatura de em menos do que 1080°C durante pelo menos 30 minutos, então aquecer as peças até uma temperatura acima de cerca de 1100°C durante menos do que 720 minutos, e então resfriar as peças.

[00024] De acordo com uma alternativa da invenção o aquecimento das peças pode ser até uma temperatura acima de cerca de 1100°C durante menos do que 360 minutos antes do resfriamento das peças. De acordo com uma outra alternativa da invenção o aquecimento das peças pode ser até uma temperatura acima de cerca de 1100°C durante menos do que 180 minutos antes do resfriamento das peças.

[00025] De acordo com uma alternativa da invenção o método também pode compreender que as partes na etapa (iii) são preaquecidas a uma temperatura abaixo de 1120°C antes do aquecimento a uma temperatura de cerca de 1200°C durante pelo menos 30 minutos.

[00026] De acordo com outra alternativa da invenção o método também pode compreender que as partes na etapa (iii) são preaquecidas até uma temperatura abaixo de 1120°C antes do aquecimento até uma temperatura dentro da faixa de 1150°C a 1250°C durante pelo menos 30 minutos.

[00027] De acordo com outra alternativa da invenção o método também pode compreender que as partes na etapa (iii) são preaquecidas a uma temperatura abaixo de 1040°C antes da brasagem a uma temperatura dentro da faixa de 1050°C a 1150°C durante pelo menos 15 minutos.

[00028] De acordo com uma alternativa da invenção o método também pode compreender que as partes na etapa (iii) são preaquecidas até uma temperatura abaixo de 1120°C antes do aquecimento até uma temperatura de aproximadamente 1200°C durante pelo menos 120 minutos e então tratar termicamente as peças a uma temperatura acima de 950°C durante pelo menos 20 min acumulados, isto podendo ser feito no ciclo de brasagem, mas também após a brasagem em por exemplo uma segunda fonte de aquecimento.

[00029] De acordo com outra alternativa o material de brasagem pode

ser pulverizado como um pó sobre as superfícies, que devem ser unidas por, por exemplo, uma pistola de pulverização de tinta, rolo, pincel, pulverização térmica, por exemplo combustível oxigênio em alta velocidade (HVOF) ou pode ser revestida por superfície, juntas etc, pelas fusões.

[00030] O material de carga de brasagem à base de ferro pode ser aplicado em superfícies planares ou em superfícies grandes pela ajuda de rompedores de força capilar. Os rompedores de força capilar podem estar na forma de ranhuras, traços, trajetos, passagens, trilhas em forma de v ou u, ou vias, etc, ou na forma de redes etc. O material de carga de brasagem à base de ferro pode ser aplicado nos rompedores de força capilar, isto é, nas ranhuras, traços, trajetos, passagens, trilhas em forma de v ou u, ou vias, etc, ou redes etc, ou pode o material de brasagem de carga ser aplicado próximo rompedores de carga capilar. Durante o aquecimento, o material de carga de brasagem à base de ferro aplicado irá fluir para a área onde a força capilar pode ser rompida e brasar juntas as superfícies, que estão adjacentes uma da outra. Assim, a área brasada provê fissuras brasadas, vedadas ou estanques, juntas, etc., entre a superfície planar onde é difícil de outra forma brasar uniformemente. Os rompedores de força capilar permitem também a brasagem de superfície tendo fissuras grandes, partes tendo formas desparelhadas, etc.

[00031] Quando o material de brasagem é aplicado entre duas peças próximo a um rompedor de força capilar, o material de brasagem viscoso fluindo irá parar o movimento de escoamento e se fixar no aro do rompedor de força capilar. Um canal de reator pode estar funcionando como um rompedor de força capilar. Uma placa tendo um canal de reator é aplicada com material de brasagem e uma placa de barreira ou outra é colocada em contato com a placa do canal do reator. O material de brasagem fluindo irá parar e se fixar na borda do canal do reator, que irá vedar a placa do reator

contra a placa de barreira sem encher o canal do reator com o material de brasagem fixado.

[00032] A distância que o material de brasagem pode fluir entre duas superfícies de borda depende parcialmente do tempo de pega dos materiais de brasagem e a distância entre as superfícies, e a quantidade de material de brasagem. Porque o material de brasagem "agarra" a cada superfície, que deve ser brasada, o espaço intermediário entre as superfícies se torna menor. À medida que o espaço intermediário se torna menor enquanto ao mesmo tempo o material de brasagem pega, se torna mais difícil para o material de brasagem fluir entre os mesmos. A quantidade desejada de material de brasagem é suprida aos pontos de contato, que devem ser brasados juntos em qualquer uma das formas descritas ou outras. O material de brasagem pode cobrir uma área que é um pouco maior do que o ponto da junta de contato. Os pontos da junta de contato podem ter um diâmetro de pelo menos 0,5 mm. Porque o processo de brasagem é um processo metálico e as superfícies respectivas para brasagem tomam a forma de material metálico, então o material de brasagem à base de ferro durante o processo de brasagem difunde das superfícies de bordas, que devem ser brasadas juntas. A junta ou costura entre as duas superfícies unidas irá mais ou menos "desaparecer" durante o processo de brasagem de acordo com um aspecto da invenção. A costura brasada junto com as superfícies das peças metálicas irá se tornar uma unidade com somente mudanças pequenas na composição de material das ligas.

[00033] Durante brasagem o material de brasagem irá migrar por forças capilares para áreas a serem unidas por brasagem. O material de brasagem de acordo com a invenção tem uma boa capacidade de umectação e boa capacidade de fluxo, que irá resultar que as ligas residuais em torno das áreas de brasagem serão pequenas. De acordo com uma alternativa, as ligas

residuais após a brasagem terão uma espessura menor do que 0,1 mm sobre as superfícies aplicadas.

[00034] A presente invenção refere-se também a um artigo de aço inoxidável obtido pelo presente método. A presente invenção refere-se também a um artigo brasado de aço inoxidável, que compreende pelo menos um material de base de aço inoxidável e material de brasagem brasado da invenção.

[00035] De acordo com um aspecto alternativo os artigos ou as peças podem ser selecionados dentre reatores, separadores, colunas, trocadores térmicos ou equipamento para plantas químicas ou plantas de alimentos ou para a indústria automotiva. De acordo com outro aspecto alternativo, os objetos podem ser trocadores térmicos, reatores de placas, ou combinações. De acordo com outro aspecto alternativo da invenção o artigo brasado pode ser um disco de desbaste, que é usado em um separador. De acordo com um aspecto alternativo os artigos podem ser placas de trocador térmico brasadas, placas de reator brasadas, ou combinações dos mesmos.

[00036] Quando as peças são placas de trocador térmico, as placas podem ser placas terminais, placas de adaptador, placas de vedação, placas de armação etc., e constituem um sistema de trocador térmico. Cada uma das placas de trocador térmico compreende pelo menos um recesso de abertura, cujo recesso de abertura formam juntos parte de um canal de abertura quando as placas são colocadas uma sobre a outra. As placas são empilhadas juntas em uma pilha de placas ou um pacote de placas no trocador térmico. O pacote de placas compreende entre as placas um número de canais, que acomodam um número de meios. Os meios em canais adjacentes são submetidos à transferência de temperatura através da placa de transferência de calor em um modo convencional. As placas podem compreender uma borda, que pode parcialmente se estender para baixo e sobre a porção de borda de uma placa

de transferência de calor adjacente na pilha de placas. As bordas das placas vedam contra a placa de transferência de calor adjacente em tal modo que um canal pode ser formado entre as placas. Este canal ou permite o fluxo de um meio ou é fechado de modo que não ocorre fluxo e o canal fica assim vazio. Para enrijecer o pacote de placas e as regiões de abertura, uma placa de adaptador ou uma placa terminal pode ser fixada ao pacote. As superfícies da placa terminal ou da placa de adaptador que estão com elas podem ser planares de modo que as superfícies de contato entre as superfícies podem ser maximizadas. Como previamente mencionado, os recessos de abertura respectivos sobre as placas coincidem, assim formando um canal. Sobre o lado interno deste canal de abertura está, portanto, uma junta entre as duas placas. Para evitar vazamento nesta junta, o material de brasagem pode ser aplicado em torno da região de abertura entre as placas. O material de brasagem pode ser colocado em ou próximo por um rompedor de força capilar, que pode ser estender total ou parcialmente em torno da região de abertura entre as placas. No pacote de placas, o material de brasagem pode ser aplicado em diferentes peças pré-projetadas ou determinadas diferentes das placas. Durante o processo de brasagem, o material de brasagem se tornará viscoso e irá fluir das peças aplicadas para fora entre as placas devido à ação de força capilar. A vantagem de aplicar o material de brasagem sobre as placas determinadas torna possível controlar volume e quantidade do material de brasagem e controlar quais as peças das superfícies a serem brasadas e as que não. Quando da brasagem de um trocador térmico, pelo menos três placas de trocador térmico são necessárias, mas é comum que várias placas sejam brasadas juntas. De acordo com um aspecto alternativo da invenção, está disposto um pacote de placas de várias placas brasadas juntas ao mesmo tempo no mesmo forno.

[00037] O método de brasagem da invenção pode ou compreender a

brasagem do artigo montado com todas as suas peças ao mesmo tempo ou pode o artigo ser brasado em um modo em etapas onde as peças são primeiro montadas e brasadas juntas, e então montadas com outras peças e brasadas juntas, e em diante, usando o mesmo tipo de material de brasagem em cada ciclo de brasagem.

[00038] Outros desenvolvimentos são especificados em reivindicações independentes e nas reivindicações dependentes.

[00039] A invenção é explicada em maiores detalhes por meio dos seguintes Exemplos e Figuras 1, 2 e 3. Figuras 1 e 2 estão mostrando fotos de áreas brasadas que são testadas em um teste de "dobra". Figura 3 está mostrando uma estimativa de intervalo de fusão realizado por aproximativa da curva de fusão. O fim dos exemplos e Figuras 1, 2 e 3 são para testar o material de brasagem da invenção e não são destinados a limitar o escopo da invenção.

Exemplo 1

[00040] As amostras de teste 1 a 12 foram feitas para verificar as temperaturas solidus e liquidus do material de brasagem da invenção. As composições das amostras de teste são resumidas na tabela 1.

Tabela 1

No.	Fe	Cr	Mn	Ni	Mo	Si	B	P	Cu	N
1	42,61	20,1	1,03	18,2	6,2	10,5 8	0,49		0,79	0,19
2	42,04	20,2	1,01	18,3	6,15	10,9 5	0,57		0,78	0,23
3	41,27	20,4	1,05	18,3	6,11	11,5 3	0,58		0,76	0,16
4	41,45	20,5	1,05	18,1	6,31	11,2 2	0,58		0,79	0,06 5
5	40,84	20,3	0,9	18,4	6,22	11,9 1	0,66		0,77	0,08
6	41,63	20,5	1,45	18,4	6,18			11,1	0,74	0,13
7	40,33	20,4	1,18	18,1	6,2			13,0	0,79	0,23
8	41,35	20,3	1,1	18,3	6,24	5,66		6,3	0,75	0,09

										5
9	39,49	20,3	1,11	18,1	6,3	6,48		7,5	0,72	0,2
10	37,87	23,0	1,0	19,9	5,95	10,7 9	0,72		0,77	0,07 6
11	43,87	20,2	1,15	18,0	6,25	9,46	0,26		0,73	0,08
12	42,54 7	19,8	1,16	17,8	6,29	11,3 1	0,28		0,76	0,05 3

[00041] A temperatura liquidus e solidus das amostras foi testada por meio de análise térmica diferencial (DTA). A atmosfera usada quando da análise foi argônio. O teste foi realizado com uma taxa de aquecimento e resfriamento de 10°C/min. A temperatura liquidus é a temperatura acima da qual uma substância fica completamente líquida. A temperatura solidus é a temperatura abaixo da qual uma substância é completamente sólida. Os valores para as temperaturas solidus e liquidus foram estabelecidos por estimativas onde o processo de fusão iniciou e parou. As estimativas foram realizadas por aproximação da curva de fusão, que foi medida e registrada como uma curva DTA, ver Figura 3. O processo de fusão pode ser visto na curva DTA pela mudança no gradiente da curva de aquecimento. Quando o processo é finalizado, o gradiente se torna constante novamente. Para estabelecer o início e parada do processo de fusão, uma aproximação foi feita traçando tangentes (5) sobre o pico de queda de energia (6). Tangentes (7) sobre a linha de base são traçadas e onde as tangentes (5) e (7) estão cruzando uma a outra, se tem os valores finais aproximados da faixa de fusão.

Tabela 2

No. amostra	Temperatura solidus [°C]	Temperatura liquidus [°C]
1	1097	1221
2	1094	1221
3	1101	1216
4	1113	1197
5	1114	1200
6	1038	1074
7	1038	1057
8	1047	1112

9	1037	1119
10	1105	1220
11	1110	1258
12	1111	1242

Exemplo 2

[00042] Um "teste de dobra" foi realizado na amostra 6 e uma fotografia tomada do resultado, ver figura 1. Amostra 6 foi colocada em uma placa de material base e aquecida em um forno de vácuo durante pelo menos 10 min em aproximadamente 1200 °C. A placa de teste foi então resfriada em temperatura ambiente e um "teste de dobra" foi realizado. A figura 1 está mostrando o material de base 1 no fundo da foto, uma zona de reação 2 acima do material de base, cuja zona de reação é uma zona onde o material de brasagem e o material de base difundiu junto. No topo da zona de reação está o material brasado 3. A fotografia está mostrando que o teste de dobra criou uma fenda 4 no material brasado 3, o que era esperado. O resultado surpreendente foi que a fenda não passou da zona de reação 2, mas ao contrário a fenda voltou e parou. Para verificar em dobro o resultado, um novo teste foi feito usando amostra 7 e o mesmo procedimento, ver fotografia na fig 2. O segundo teste de fato resultou em uma fenda similar, mas também estava se afastando da zona de reação.

REIVINDICAÇÕES

1. Material de brasagem à base de ferro caracterizado pelo fato de compreender uma liga, a liga consistindo de:

- (i) 15 a 30% em peso de cromo (Cr);
- (ii) 0,1 a 4,5% em peso de manganês (Mn);
- (iii) 15 a 30% em peso de níquel (Ni);
- (iv) 1,0 a 12% em peso de molibdênio (Mo);
- (v) 0,1 a 4,0% em peso de cobre (Cu);
- (vi) 0 a 1,0% em peso de nitrogênio (N);
- (vii) 0 a 20% em peso de silício (Si);
- (viii) 0 a 2,0% em peso de boro (B);
- (ix) 0 a 16% em peso de fósforo (P); e

opcionalmente um ou mais dos elementos selecionados dentre o grupo consistindo de carbono (C), vanádio (V), titânio (Ti), tungstênio (W), alumínio (Al), nióbio (Nb), háfnio (Hf), e tântalo (Ta), em que a quantidade de cada elemento está dentro da faixa de 0,0 a 2,5 % em peso; em que a liga contém quantidades de Cr, Ni e Mo definidas pela fórmula (% em peso de Cr + % em peso de Ni + % em peso de Mo) $\geq$ 33 % em peso; em que a liga também contém um ou mais elementos diminuidores do ponto de fusão selecionados do grupo consistindo de Si, B e P e o um ou mais elementos diminuidores do ponto de fusão estão contidos na liga em quantidades de acordo com a seguinte fórmula: Índice = % em peso de P + 1,1 x % em peso de Si + 3 x % em peso de B, e o valor do Índice está dentro da faixa de 5% em peso a 20 % em peso, e a liga sendo balanceada com Fe, e quantidades pequenas inevitáveis de elementos contaminantes, em que os elementos contaminantes são carbono (C), oxigênio (O) e enxofre (S).

2. Material de brasagem, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o cromo está dentro da faixa de 18 a 26% em

peso ou níquel está dentro da faixa de 16 a 26% em peso ou molibdênio está dentro da faixa de 2,0 a 12,0 % em peso, ou combinações dos mesmos.

3. Material de brasagem de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que silício está dentro da faixa de 8,0 a 12% em peso ou boro está dentro da faixa de 0,1 a 1,0% em peso ou fósforo dentro da faixa de 5,0 a 14 % em peso, ou combinações dos mesmos.

4. Material de brasagem de acordo com a reivindicação 1, 2 ou 3, caracterizado pelo fato de que silício está dentro da faixa de 8,0 a 12% em peso e boro está dentro da faixa de 0,1 a 1,5 % em peso.

5. Material de brasagem de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que silício está dentro da faixa de 2,5 a 9,0% em peso e fósforo está dentro da faixa de 2,5 a 9,0 % em peso.

6. Material de brasagem de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que a liga contém uma quantidade de cromo (Cr), uma quantidade de níquel (Ni), e uma quantidade de molibdênio (Mo), que são definidas pela fórmula (% em peso Cr +% em peso de Ni +% em peso de Mo) > 38 % em peso.

7. Material de brasagem de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que a liga é produzida por atomização de gás ou atomização de água ou rotação em fusão.

8. Material de brasagem de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, caracterizado pelo fato de que o material de brasagem é uma pasta e a pasta compreende um sistema aglutinante aquoso ou um sistema aglutinante orgânico, à base de água, à base de óleo ou combinações dos mesmos, em que o aglutinante à base de óleo pode ser polímeros tais poli (met) acrilato, biopolímeros como derivados de celulose, amidos, ceras, ou combinações dos mesmos.

9. Método de brasagem de artigos de aço inoxidável,

compreendendo as seguintes etapas:

(i) aplicar o material de brasagem conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 8 a peças de aço inoxidável;

(ii) montar as peças;

caracterizado pelo fato de compreender:

(iii) aquecer as peças da etapa (i) ou etapa (ii) em uma atmosfera não oxidante, em uma atmosfera redutora, em vácuo ou combinações dos mesmos, até uma temperatura de pelo menos 250 °C por pelo menos 10 minutos, depois aquecer as peças até uma temperatura inferior a 1080 °C por pelo menos 30 minutos, depois aquecer as peças até uma temperatura acima de 1100 °C por menos que 720 minutos, e então resfriar as peças;

(iv) e opcionalmente repetir uma ou mais da etapa (i), etapa (ii) e etapa (iii).

10. Método de brasagem de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que as peças na etapa (iii) são preaquecidas a uma temperatura abaixo de 1120 °C antes da brasagem a uma temperatura dentro da faixa de 1150°C a 1250°C durante pelo menos 30 minutos.

11. Método de brasagem de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que as peças na etapa (iii) são preaquecidas a uma temperatura abaixo de 1040°C antes da brasagem a uma temperatura dentro da faixa de 1050°C a 1150°C durante pelo menos 15 minutos.

12. Artigo brasado caracterizado pelo fato de ser obtido pelo método de acordo com qualquer uma das reivindicações 9 a 11.

13. Artigo brasado de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que o artigo é um trocador térmico de chapa.

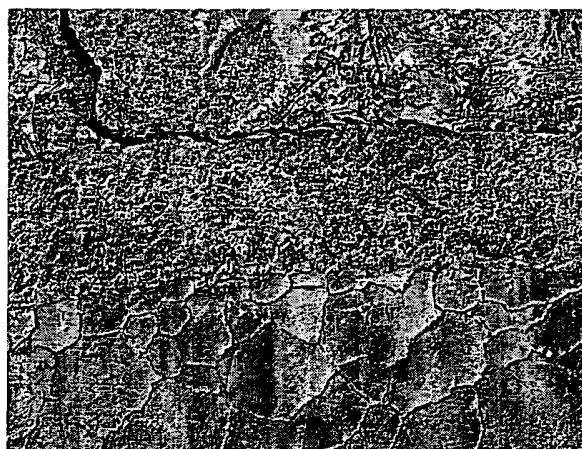
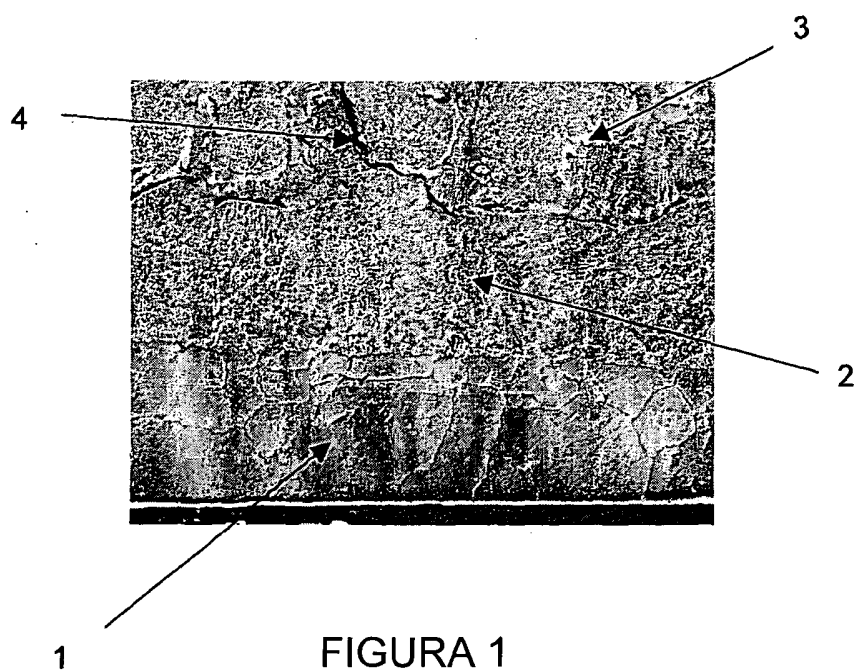


FIGURA 2

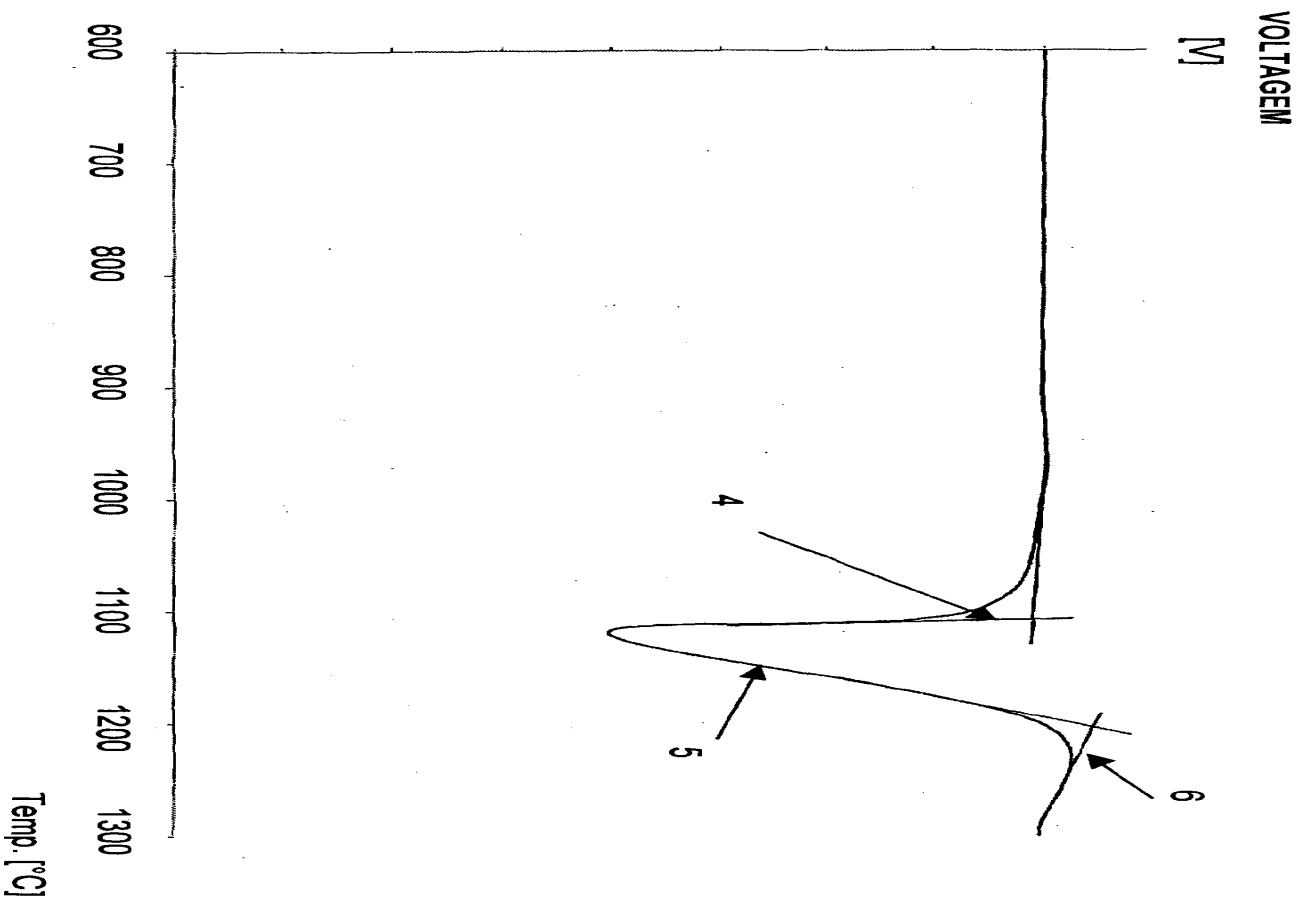


FIGURA 3

RESUMO

“MATERIAL DE BRASAGEM À BASE DE FERRO, MÉTODO DE BRASAGEM DE ARTIGOS DE AÇO INOXIDÁVEL, E, ARTIGO BRASADO”

A presente invenção refere-se a um material de brasagem à base de ferro compreendendo uma liga consistindo essencialmente de: 15 a 30% em peso de cromo (Cr); 0 a 5,0% em peso de manganês (Mn); 15 a 30% em peso de níquel (Ni); 1,0 a 12% em peso de molibdênio (Mo); 0 a 4,0% em peso de cobre (Cu); 0 a 1,0% em peso de nitrogênio (N); 0 a 20% em peso de silício (Si); 0 a 2,0% em peso de boro (B); 0 a 16% em peso de fósforo (P); opcionalmente 0,0 a 2,5% em peso de cada um ou mais dos elementos selecionados dentre o grupo consistindo de carbono (C), vanádio (V), titânio (Ti), tungstênio (W), alumínio (Al), nióbio (Nb), háfnio (Hf), e tântalo (Ta); a liga sendo balanceada com Fe, e quantidades pequenas inevitáveis de elementos contaminantes; e em que Si, B e P estão em quantidades efetivas para diminuir a temperatura da fusão, e Si, B, e P estão contidos em quantidades de acordo com a seguinte fórmula : Índice = % em peso de P + 1,1 x % em peso de Si + 3 x % em peso de B, e o valor do Índice está dentro da faixa de cerca de 5% em peso a cerca de 20. A presente invenção refere-se também a um método de brasar artigo de aço inoxidável, e um artigo de aço inoxidável.