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

(21) PI 0718905-2 A2

* B R P I 0 7 1 8 9 0 5 A 2 *

(22) Data de Depósito: 14/11/2007
(43) Data da Publicação: 10/12/2013
(RPI 2240)

(51) Int.Cl.:
B23K 35/30
B23K 1/00

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

(57) Resumo:

(30) Prioridade Unionista: 17/11/2006 SE 0602467-3

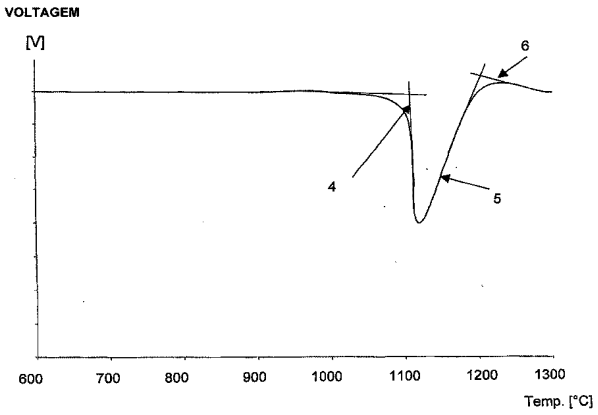
(73) Titular(es): Alfa Laval Corporate AB

(72) Inventor(es): Per Sjödin

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

(86) Pedido Internacional: PCT SE2007001011 de 14/11/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2008/060226de 22/05/2008



"MATERIAL DE BRASAGEM À BASE DE FERRO, MÉTODO DE BRASAGEM DE ARTIGOS DE AÇO INOXIDÁVEL, ARTIGO BRASADO E PASTA"

A presente invenção refere-se a um material de brasagem, a um método de brasagem, um produto brasado com o material de brasagem.

A Invenção

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 completa ou parcialmente fundido durante o tratamento térmico.

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.

Um problema é o ponto de fusão do material de revestimento ou brasagem. 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, mas quando a faixa de temperatura para a brasagem é ampla,

ocorrem riscos para defeitos ocorrerem nos produtos obtidos. Um elemento único tem um ponto de fusão agudo, mas uma liga contém muitos diferentes elementos em cada liga definida e tem assim, com freqüência, um intervalo de fusão amplo.

De acordo com a invenção, tenta-se, conseqüentemente, atingir que a junta de brasagem deva conter somente uma parte pequena de fases quebradiças. Sabe-se que a quantidade de fase quebradiça afeta a resistência à fadiga de modo negativo. A quantidade de fase quebradiça dependente, dentre outros, da depuração da liga, a espessura da placa, da quantidade de material de brasagem, como o material de brasagem é aplicado e pela relação tempo - temperatura durante a brasagem.

Quando desenvolvendo materiais de brasagem, existem várias propriedades de importância. Uma destas é a temperatura de brasagem. Uma temperatura de brasagem elevada é com freqüência associada com resistência mecânica elevada ou outras propriedades que são importantes para a junta de brasagem, mas também tem algumas desvantagens. Uma temperatura elevada pode diminuir as propriedades do material de base, por exemplo por crescimento do grão, formação de fases no material, um impacto grande da carga de brasagem no material de base por difusão de elementos da carga para o material base e outras mudanças das propriedades do material de base. Uma temperatura elevada pode também aumentar o risco de erosão do material de base. Os custos também estão associados com temperatura elevada porque se tem uma necessidade para maior entrada de energia e fornos mais caros. As temperaturas elevadas também desgastam o forno mais ainda, o que aumenta o custo. Um modo normal quando desenvolvendo um material de brasagem à base de Fé é usar Si e ou B como depressores do ponto de fusão. Boro tem um impacto bastante grande sobre o ponto de fusão mas tem várias desvantagens, como ele forma facilmente boretos de cromo. Assim, é de grande importância não usar muito boro. A formação de boretos de cromo diminui a quantidade

de cromo no material de base, que então, por exemplo, diminui a resistência à corrosão e outras propriedades do material de base. Assim, quando cromo é um dos elementos da liga, então nenhuma quantidade ou quantidades muito pequenas de boro são geralmente a melhor escolha. Silício é também usado para diminuir o ponto de fusão, no entanto, o próprio silício, como um depressor do ponto de fusão, não tem um grande impacto em comparação com, por exemplo, B. Assim, se silício sozinho for usado como um ponto de fusão diminuído, uma quantidade bem grande precisa ser usada. Silício também forma silicetos por isto grandes quantidades podem causar problemas. Um elemento, que pode ser usado como depressor de ponto de fusão, é fósforo. O fósforo pode ser uma boa seleção se somente a temperatura de brasagem for importante, porque ele tem um grande impacto sobre o ponto de fusão. NO entanto, as juntas de brasagem com grandes quantidades de P são normalmente muito frágeis e tem, assim, uma resistência bastante baixa. O fósforo também pode formar fosfetos, como fosfetos de ferro, que são frágeis e diminuem a resistência da carga de brasagem e do material de base. De modo surpreendente, quando ligando com um novo tipo de mistura compreendendo Si e P, um novo tipo de carga de brasagem à base de ferro foi encontrado, que tem um intervalo de fusão baixo sem ou com efeitos negativos muito baixos dos aditivos de Si e P. A liga também tem outra propriedade positiva surpreendente, um intervalo de fusão estreito, que é muito positivo quando da brasagem. A razão porque isto é desejável é que todos os elementos na carga de brasagem devem fundir em aproximadamente o mesmo tempo. Outra propriedade positiva é que a carga da presente invenção está umectando a superfície muito bem e tem uma grande capacidade de escoamento.

Assim, a presente invenção refere-se a um material de brasagem à base de ferro compreendendo uma liga essencialmente contendo 15 a 30 por cento, em peso, a seguir % em peso, cromo (Cr), 0 a 5,0% em

peso de manganês (Mn), 9 a 30% em peso de níquel (Ni), 0 a 4,0% em peso de molibdênio (Mo), 0 a 1,0% em peso de nitrogênio (N), 1,0 a 7,0% em peso de silício (Si), 0 a 0,2% em peso de boro (B), 1,0 a 7,0% 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 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 e P estão em quantidades efetivas para diminuir a temperatura da fusão.

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.

De acordo com um aspecto alternativo da invenção os elementos contaminantes podem ser qualquer um dentre carbono (C), oxigênio (O), e enxofre (S). De acordo com outra alternativa o manganês pode estar presente na liga a uma quantidade dentro da faixa de 0,1 a 5,0% em peso de manganês. De acordo com outra alternativa o manganês pode estar presente na liga em quantidade dentro da faixa de 0,1 a 4,5. De acordo com uma outra alternativa a liga pode conter cromo dentro da faixa de cerca de 18 a cerca de 26% em peso ou níquel dentro da faixa de cerca de 9,0 a cerca de 20% em peso ou molibdênio dentro da faixa de cerca de 0,5 a cerca de 3,5 % em peso, ou combinações dos mesmos. De acordo com uma outra alternativa a liga pode conter níquel dentro da faixa de cerca de 9,0 a cerca de 18,0 % em peso. De acordo com uma outra alternativa a liga pode conter silício dentro da faixa de cerca de 2,0 a cerca de 6,0% em peso ou boro dentro da faixa de cerca de 0 a cerca de 0,1% em peso ou fósforo dentro da faixa de cerca de 2,0 a cerca de 6,0 % em peso, ou combinações dos mesmos.

De acordo com uma outra alternativa a liga pode conter silício dentro da faixa de cerca de 2,5 a cerca de 6,0% em peso e fósforo dentro da faixa de cerca de 3,5 a cerca de 6,0 % em peso.

De acordo com uma outra alternativa o material de brasagem pode compreender uma liga contendo essencialmente de: 16 a 18% em peso de cromo (Cr); 1,5 a 2,0% em peso de manganês (Mn); 11 a 17% em peso de níquel (Ni); 1,5 a 2,5% em peso de molibdênio (Mo); 0 a 1,0% em peso de nitrogênio (N); 3,0 a 5,0% em peso de silício (Si); 0 a 0,2% em peso de boro (B); 4,0 a 5,5% em peso de fósforo (P); opcionalmente 0,0 a 2,5% em peso de cada dentre um ou mais dos elementos selecionados dentre o grupo consistindo de 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 e P estão em quantidades efetivas para diminuir a temperatura da fusão.

A liga pode ser fabricada por atomização de gás ou atomização de água ou rotação em fusão.

Como mencionado acima, a temperatura de brasagem está preferivelmente abaixo da temperatura solidus original do material das peças a serem brasadas. 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 fundido 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.

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.

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 250 °C durante pelo menos 10 minutos, e então aquecer as peças até uma temperatura de menos do que 1080 °C, durante pelo

menos 10 minutos, aquecer as peças até uma temperatura menor do que cerca de 1200 °C, durante pelo menos 5 minutos e então resfriar as peças; e opcionalmente etapa (iv) repetindo uma ou mais da etapa (i), etapa (ii) e etapa (iii). Diferentes produtos brasados precisam de diferentes procedimentos de brasagem, alguns produtos podem ser brasados apenas indo 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).

De acordo com uma alternativa da invenção o método também pode compreender que as peças na etapa (iii) são 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, e então aquecer as peças até uma temperatura de menos do que 1080 °C, durante pelo menos 30 minutos, então aquecer as peças até uma temperatura acima de cerca de 1100 °C, durante pelo menos 720 minutos e então resfriar as peças.

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.

De acordo com uma alternativa da invenção o método também pode compreender que as partes na etapa (iii) são brasadas a uma temperatura dentro da faixa de cerca de 1040°C a cerca de 1190°C durante menos do que 30 minutos.

De acordo com outra alternativa da invenção o método também pode compreender que as partes na etapa (iii) são brasadas a temperatura dentro da faixa de cerca de 1040°C a cerca de 1190°C durante

menos do que 20 minutos.

De acordo com ainda outra alternativa da invenção o método também pode compreender que as partes na etapa (iii) são brasadas a temperatura dentro da faixa de cerca de 1040°C a cerca de 1190°C durante pelo menos 1 minuto.

De acordo com ainda outra alternativa da invenção o método também pode compreender que as partes na etapa (iii) são brasadas a temperatura dentro da faixa de cerca de 1100°C a cerca de 1180°C durante pelo menos 1 minuto.

De acordo com ainda outra alternativa da invenção o método também pode compreender que as partes na etapa (iii) são preaquecidas até uma temperatura abaixo de 1050°C antes do aquecimento até uma temperatura de acima 1100°C durante pelo menos 5 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.

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.

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 aos 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 permite também a brasagem de superfície tendo fissuras grandes, partes tendo formas desemparelhadas, etc.

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.

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 unidades 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.

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.

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.

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.

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 recessos 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 a 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 predeterminadas 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 predeterminadas 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 uma aspecto alternativo da invenção, está disposto um pacote de placas de várias placas brasadas juntas ao mesmo tempo no mesmo forno.

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.

Outros desenvolvimentos são especificados em reivindicações independentes e nas reivindicações dependentes.

A invenção é explicada em maiores detalhes por meio dos seguintes exemplos. O fim dos exemplos é testar o material de brasagem da invenção, e não se destina a limitar o escopo da invenção.

Exemplo 1

Amostras de teste 1 a 4 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. amostra	Fe [% em peso]	Cr [% em peso]	Mn [% em peso]	Ni [% em peso]	Mo [% em peso]	Si [% em peso]	P [% em peso]	C [% em peso]	B [% em peso]
1	resto	16,48	1,63	16,65	2,02	4,57	4,9	0,016	0,01
2	resto	17,37	1,9	11,99	2,13	4,91	5,19	0,014	0,01
3	resto	17,42	1,67	13,33	1,99	3,69	5,0	0,013	0,01
4	resto	16,63	1,82	15,99	1,89	3,3	4,69	0,018	0,01

As temperaturas 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 1. 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 (1) sobre o pico de queda de voltagem (2). Tangentes (3) sobre a linha de base são traçadas e onde as tangentes (1) e (3) estão cruzando uma a outra, se tem os valores finais aproximados da faixa de fusão.

As temperaturas solidus e as temperaturas liquidus de cada amostra são calculadas como descrito acima de e são resumidas na tabela 2.

Tabela 2

No. amostra	Temp. sólida [°C]	Temp. líquida [°C]	Diferença [°C]
1	1058	1097	39
2	1068	1099	31
3	1055	1100	45
4	1060	1092	32

Os testes mostram que a diferença entre a temperatura solidus

e temperatura liquidus é surpreendentemente estreita.

Exemplo 2

Amostras de teste 5 a 8 foram feitas para verificar a resistência à tração de juntas tendo áreas brasadas do material de brasagem da invenção. As composições das amostras de teste de material de brasagem não brasado são resumidas na tabela 3.

Tabela 3

No. amostra	Fe [% em peso]	Cr [% em peso]	Mn [% em peso]	Ni [% em peso]	Mo [% em peso]	Si [% em peso]	P [% em peso]	C [% em peso]
5	resto	17,0	1,78	12,1	2,13	1,01	10,1	0,067
6	resto	17,0	1,53	12,1	2,35	0,44	10,8	0,045
7	resto	17,4	1,79	12,0	2,32	4,44	5,78	0,12
8	resto	17,3	1,76	12,1	2,31	5,55	5,89	0,111

Os materiais de brasagem foram testados por meio de fazer experiências de brasagem de placas prensadas pequenas. As amostras brasadas foram então testadas para tração, os resultados são resumidos na Tabela 4.

Tabela 4

No. amostra	Ciclo brasagem durante pelo menos 15 min. a [°C]	Teste de *waffle* [kN]
5	1120	2,1
6	1120	2,4
7	1190	3,0
8	1190	2,7

Como se nota da Tabela 4, os resultados de teste de tração sobre amostras brasadas com materiais de brasagem tendo quantidades pequenas de Si, isto é, menos do que 1,2 % em peso, e quantidades grandes de fósforo, ver amostras número 5 e 6, tem uma resistência bem menor do que as brasadas com material de brasagem tendo quantidades maiores de Si, ver amostras 7 e 8. Tanto o exemplo 1 como exemplo 2 mostram surpreendentemente que quando se diminui a quantidade de P e aumenta a quantidade de Si resulta em um aumento da resistência à tração, assim como diminui a temperatura de fusão, e intervalos de fusão de temperatura

pequenos foram encontrados.

Exemplo 3

Amostras de teste de materiais de carga de brasagem foram comparadas neste exemplo para o fim de verificar os desempenhos em protótipos brasados. Os protótipos de teste foram brasados com diferente amostra de teste das cargas de brasagem. Os protótipos usados nestes testes foram trocadores térmicos de placa brasada. Todos os protótipos foram fabricados com as peças idênticas, como placas idênticas, conexões, reforços, etc. Tudo foi feito com o fim de tornar os protótipos tão idênticos como possível. A única diferença entre os protótipos foram a carga de brasagem e os ciclos de brasagem. As diferenças no ciclo de brasagem foram, como evidente, necessárias, porque diferentes cargas de brasagem tem diferentes ciclos de brasagem. Três diferentes cargas de brasagem foram usadas, carga A foi uma carga de brasagem de cobre puro (Cu), cargas B e C (de acordo com a invenção) são listadas na tabela 5 abaixo. As quantidades inevitáveis de elementos contaminantes não são listadas na tabela.

Tabela 5

Carga	Fe [% em peso]	Cr [% em peso]	Mn [% em peso]	Ni [% em peso]	Mo [% em peso]	Si [% em peso]	P [% em peso]	B [% em peso]
B	resto	17,1	1,3	14,5	1,8	9,5	-	0,9
C	resto	17,3	1,9	11,9	2,1	4,9	5,1	-

Os protótipos de trocadores térmicos brasados foram então avaliados por teste de sua pressão de rompimento, fadiga sob pressão, e fatiga sob temperatura. O teste de pressão de rompimento foi realizado por aumento da pressão até falha, o teste de fadiga sob pressão foi realizada por alternação da pressão com uma variação de pressão fixada até a falha, e o teste de fadiga sob temperatura foi realizado por alternação da temperatura com uma variação de temperatura fixada e taxa de aquecimento / resfriamento em temperatura até falha. Os resultados dos testes são resumidos na Tabela 6.

Tabela 6

Teste	Carga A	Carga B	Carga C
Pressão rompimento [bar]	197	111	91
Pressão rompimento [bar]	183	106	92
Pressão rompimento [bar]	189	103	97
Pressão Fadiga [1000 ciclos]	88	91	154
Pressão Fadiga [1000 ciclos]	67	101	207
Pressão Fadiga [1000 ciclos]	119	119	-
Temperatura fadiga [ciclos]	913	991	1704
Temperatura fadiga [ciclos]	1037	985	1442
Temperatura fadiga [ciclos]	1011	988	1573

Os resultados dos testes de pressão de rompimento indicam que a carga C tem as menores propriedades mecânicas. Os testes mostraram que os desempenhos de fadiga em temperatura foram maiores para a carga C, e também que os desempenhos de fadiga sob pressão foram os maiores. Os resultados foram muito surpreendentes porque não foi esperado que tanto os desempenhos de fadiga sob temperatura e pressão poderiam ser maiores para a nova carga, porque carga C tem a menor pressão de rompimento dos três.

Uma das razões para os bons resultados de fadiga excepcionais é a combinação das propriedades de cargas de brasagem. Por exemplo, a nova carga de brasagem da invenção tem excelentes propriedades de umectação e fluxo, cujas propriedades resultam em juntas de brasagem lisas que distribuem a carga uniformemente na junta brasada e diminuem o risco para a iniciação de fendas devido à fadiga. As boas propriedades de umectação e fluxo também resultam em grandes juntas brasadas que irão diminuir a tensão total por aumento da área carregada.

As boas propriedades de umectação e fluxo da carga também foram confirmadas por análise metalográfica. Alguns dos protótipos foram seccionados na transversal, triturados e cuidados após a brasagem, com o fim de estudar a micro-estrutura, etc. Foi observado que as propriedades de umectação e fluxo foram muito boas, visto que muitos poucos resíduos da carga de brasagem foram deixados sobre as superfícies em torno da junta de brasagem. Quase toda a carga tinha fluído para a junta de brasagem por forças

capilares. O estudo confirmou que quase nenhum dos resíduos foi deixado sobre a carga de brasagem sobre a superfície do material de base, mas quase todos foram encontrados na junta de brasagem. Como evidente, se tem uma carga de brasagem sobre a superfície do material de base próxima da junta de brasagem porque a junta de brasagem irá adaptar sua forma de acordo com o ângulo de umectação entre a carga de brasagem e o material de base, conseqüentemente, esta carga é definida como também a junta de brasagem.

Os resíduos da carga de brasagem sobre a superfície foram medidos. As medidas dos resíduos de cargas de brasagem foram realizadas em áreas onde mais do que uma camada de espessura de 0,2 mm de carga de brasagem foi aplicada antes da brasagem. As seções transversais foram estudadas após a brasagem com a carga de brasagem. Os resultados de teste mostraram que a espessura dos resíduos foram de 0,01, 0,03, <0,01. 0,02, <0,01, 0,02, <0,01 mm. Estas medidas mostraram que as espessuras dos resíduos são bem menores do que as esperadas com base em suas cargas de brasagem à base de ferro testadas, cuja carga de brasagem à base de ferro pode ter uma espessura residual de cerca de 0,15 mm. Outras áreas que diferem destas medidas foram as cargas que não tem qualquer contato capilar durante a brasagem ou devido a que os capilares já foram carregados com a carga de brasagem.

REIVINDICAÇÕES

1. Material de brasagem à base de ferro caracterizado pelo fato de conter uma liga à base de ferro contendo essencialmente:

(i) 15 a 30% em peso de cromo (Cr);

(ii) 0 a 5,0% em peso de manganês (Mn);

(iii) 9 a 30% em peso de níquel (Ni);

(iv) 0 a 4,0% em peso de molibdênio (Mo);

(v) 0 a 1,0% em peso de nitrogênio (N);

(vi) 1,0 a 7,0% em peso de silício (Si);

(vii) 0 a 0,2% em peso de boro (B);

(viii) 3,5 a 5,5% em peso de fósforo (P);

opcionalmente 0,0 a 2,5% em peso de cada dentre um ou mais dos elementos selecionados dentre o grupo consistindo de 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 e P estão em quantidades efetivas para diminuir a temperatura da fusão.

2. Material de brasagem de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que os elementos contaminantes são qualquer um dentre carbono (C), oxigênio (O), e enxofre (S).

3. Material de brasagem de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de 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 9,0 a cerca de 20% em peso ou molibdênio está dentro da faixa de cerca de 0,5 a cerca de 3,5 % em peso, ou manganês está dentro da faixa de cerca de 0,1 a cerca de 5,0 % 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 cerca de 2,0 a cerca de 6,0% em peso ou boro está dentro da faixa de cerca de 0 a cerca de

0,1% em peso ou fósforo dentro da faixa de cerca de 4,0 a cerca de 5,5 % em peso, ou combinações dos mesmos.

5. Material de brasagem de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que o silício está dentro da faixa de cerca de 2,5 a cerca de 6,0% em peso e fósforo dentro da faixa de cerca de 3,5 a cerca de 6,0 % em peso.

6. Material de brasagem à base de ferro caracterizado pelo fato de compreender uma liga à base de ferro contendo essencialmente:

(ix) 16 a 18% em peso de cromo (Cr);

(x) 1,5 a 2,0% em peso de manganês (Mn);

(xi) 11 a 17% em peso de níquel (Ni); (xii) 1,5 a 2,5% em peso de molibdênio (Mo);

(xiii) 0 a 1,0% em peso de nitrogênio (N);

(xiv) 3,0 a 5,0% em peso de silício (Si);

(xv) 0 a 0,2% em peso de boro (B);

(xvi) 4,0 a 5,5% 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 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 e P estão em quantidades efetivas para diminuir a temperatura da fusão.

7. Material de brasagem de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que a liga tem uma temperatura solidus e uma temperatura liquidus dentro de uma faixa de 75°C.

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

9. Material de brasagem de acordo com qualquer uma das

reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que a liga tem uma temperatura solidus e uma temperatura liquidus dentro de uma faixa de 50°C.

10. Método de brasagem de artigos de aço inoxidável, caracterizado pelo fato de compreender as seguintes etapas: etapa (i) aplicar o material de brasagem de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9 sobre 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 250°C durante pelo menos 10 minutos, então aquecer as peças até uma temperatura de em menos do que 1080°C durante pelo menos 10 minutos, então aquecer as peças até uma temperatura de em menos do que cerca de 1200°C durante pelo menos 5 minutos; e opcionalmente etapa (iv) repetir uma ou mais dentre etapa (i), etapa (ii) e etapa (iii).

11. Método de brasagem de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que as peças na etapa (iii) são 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.

12. Método acordo com a reivindicação 10 ou 11, caracterizado pelo fato de que a liga residual após brasagem estando em menos do que 50% de liga aplicada na etapa 1.

13. Artigo brasado caracterizado pelo fato de ser obtido de acordo com a reivindicação 10, 11 ou 12.

14. Artigo brasado de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que a liga após brasagem está localizada em um ou

mais pontos de brasagem, em menos do que 0,1 mm da carga de brasagem sendo deixado como resíduos sobre as superfícies.

15. Artigo brasado de acordo com a reivindicação 13 ou 14, caracterizado pelo fato de que o artigo é um trocador térmico de chapa.

16. Pasta caracterizada pelo fato de compreender o material de brasagem à base de ferro de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9 e um sistema aglutinante aquoso ou um sistema aglutinante orgânico, à base d'água, à base de óleo ou combinações dos mesmos, em que o aglutinante à base de óleo pode ser polímeros como poli (met) acrilato, biopolímeros como derivados de celulose, amidos, ceras, ou combinações dos mesmos.

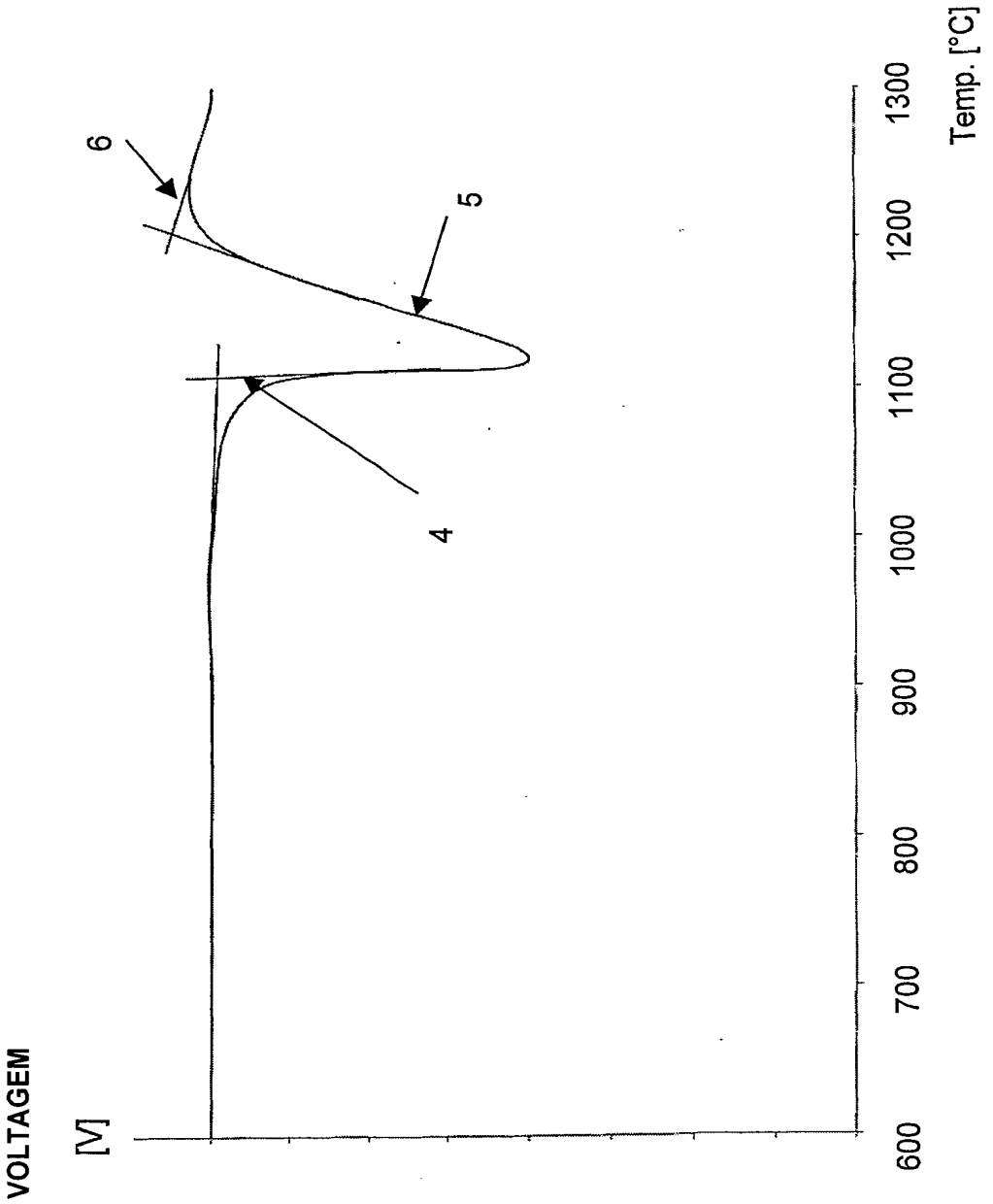


FIGURA 1

RESUMO

"MATERIAL DE BRASAGEM À BASE DE FERRO, MÉTODO DE BRASAGEM DE ARTIGOS DE AÇO INOXIDÁVEL, ARTIGO BRASADO E PASTA"

A presente invenção refere-se a um material de brasagem compreendendo uma liga contendo essencialmente de: 15 a 30% em peso de cromo (Cr); 0,1 a 5,0% em peso de manganês (Mn); 9 a 20% em peso de níquel (Ni); 0 a 4,0% em peso de molibdênio (Mo); 0 a 1,0% em peso de nitrogênio (N); 1,0 a 7,0% em peso de silício (Si); 0 a 0,2% em peso de boro (B); 1,0 a 7,0% em peso de fósforo (P); opcionalmente 0,0 a 2,5% em peso de cada um dentre um ou mais dos elementos selecionados dentre o grupo consistindo de 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 e P estão em quantidades efetivas para diminuir a temperatura da fusão. A presente invenção refere-se ainda a um método de brasagem, e a um produto brasado com o material de brasagem.