

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

(11) **PI0107965-4 B1**



* B R P I 0 1 0 7 9 6 5 B 1 *

(22) Data de Depósito: 25/01/2001
(45) Data da Concessão: 06/09/2011
(RPI 2122)

(51) *Int.Cl.*:
B32B 15/01

(54) Título: **MATERIAL DE CARGA DE ALETA PARA TROCADOR DE CALOR, SEU PROCESSO DE PRODUÇÃO E PROCESSO DE FORMAÇÃO DE UM ARTIGO BRASADO POR BRASAGEM.**

(30) Prioridade Unionista: 03/02/2000 US 09/497,167

(73) Titular(es): Corus L.P.

(72) Inventor(es): Ralph M. Nemer, Scott W. Haller

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"MATERIAL DE CARGA DE ALETA PARA TROCADOR DE CALOR, SEU PROCESSO DE PRODUÇÃO E PROCESSO DE FORMAÇÃO DE UM ARTIGO BRASADO POR BRASAGEM"**.

5 CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção refere-se a um material composto de liga de alumínio tendo condutividade elétrica aperfeiçoada, resistência à corrosão e alta resistência mecânica e a processos de manufatura e uso do mesmo e, em particular, a um material composto combinando um material de núcleo de alta resistência mecânica e um ou mais camadas de revestimento tendo uma condutividade elétrica superior àquela do material de núcleo, para um desempenho aperfeiçoado em aplicações de trocadores de calor.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

15 Na técnica anterior, as ligas de alumínio são as ligas para aplicações de trocadores de calor. Essas ligas são selecionadas para a combinação desejável nela de resistência mecânica, baixo peso, boas condutividades térmica e elétrica, soldabilidade, resistência à corrosão e plasticidade.

As aplicações típicas incluem núcleos de aquecedores automotivos, radiadores, evaporadores, condensadores, resfriadores de carga de ar e resfriadores de óleos da transmissão/motor. Uma aplicação particular que requer uma boa combinação de propriedades é a carga fina para os radiadores. Nessas aplicações, a carga fina é disposta entre a tubulação empilhada que transporta os meios de resfriamento do radiador. A tubulação é situada entre os condutos principais que redirecionam o fluxo dos meios de resfriamento entre as camadas da tubulação e que também contêm as entradas e saídas do radiador. Tipicamente, os tubos são revestidos com um material de soldagem e toda a montagem é soldada em um processo de brasagem atmosférica controlada (CAB), usando um fluxo de brasagem.

30 A tendência na indústria de trocadores de calor é subdimensionar, continuamente, os componentes. Esse subdimensionamento requer novas demandas nos materiais dos trocadores de calor em termos de proprie-

dades e capacidades de desempenho. Essas demandas são reconhecidas no pedido de patente US-A-5.217.547 (Ishikawa et al.). Esse pedido de patente menciona o desejo de produzir uma carga fina de calibre mais fino, para satisfazer às demandas de um melhor desempenho e maior compactação para os trocadores de calor. Ainda que um calibre fino possa resultar em trocadores de calor mais leves, pode também resultar em uma menor resistência mecânica, particularmente em consequência do processo de brasagem no qual o trocador de calor pode encontrar temperaturas de até 600°C. Essas temperaturas elevadas podem provocar arqueamento durante a brasagem, perda da integridade da aleta e um produto soldado inaceitável.

Ishikawa et al. tentaram superar esse problema por formação de uma liga exótica de uma liga de alumínio usada tipicamente em aplicação de carga de aleta, isto é, AA3003. Para proporcionar uma resistência à deformação em altas temperaturas e uma resistência ao arqueamento, Ishikawa et al. recomendam uma liga de alumínio para carga de aleta com níveis particulares de ferro, silício, zircônio, zinco, estanho e índio. A dificuldade desses remédios é que freqüentemente essas ligas exóticas podem ser de difícil manufatura, aumentando, desse modo, bastante, o custo do material de carga de aleta.

Outra solução aparente para o problema de diminuir a espessura do material de carga de aleta é empregar um material de liga de alumínio de maior resistência mecânica. Ainda que o emprego de um material de maior resistência mecânica possa oferecer benefícios em termos de maiores resistência ao arqueamento e à deformação em altas temperaturas, esses materiais de maior resistência mecânica são problemáticos na seqüência de brasagem da manufatura de trocadores de calor.

Um processo de brasagem freqüentemente usado para a manufatura de trocadores de calor é o processo CAB empregando um fundente Nocolok[®] (marca registrada). Esse fundente é um fundente não corrosivo constituído de uma mistura de aluminatos de potássio e flúor. O fundente funciona nas temperaturas de brasagem por fusão, espalhamento e dissolução do filme de óxido. Certos elementos de liga freqüentemente encontrados

nas ligas de alumínio de maior resistência mecânica, por exemplo, magnésio, podem ser nocivos ao processo de brasagem, incluindo uma interação adversa com os fundentes usados durante a brasagem. Conseqüentemente, ainda que o emprego de uma liga de alumínio de maior resistência mecânica possa solucionar o problema de arqueamento durante a brasagem, outros problemas podem aflorar, devido à incompatibilidade entre a própria liga e o processo de brasagem.

Outro problema na técnica anterior é a necessidade para materiais para trocadores de calor, por exemplo, carga de aleta, que tenham certos níveis de resistência à tração e condutividade elétrica pós-brasagem para satisfazer as especificações dos clientes. É difícil satisfazer as especificações que combinem ambos os níveis mais altos de resistência mecânica e condutividade elétrica com os materiais atualmente disponíveis a custos razoáveis. As ligas de alumínio tendo uma alta resistência mecânica vão ter condutividades elétricas mais baixas e não podem satisfazer essas especificações. Similarmente, as ligas de alumínio com altas condutividades elétricas vão ter uma resistência mecânica insuficiente para satisfazer tal especificação. Ainda que as ligas exóticas possam oferecer uma solução limitada para esse dilema, os custos para produzir essas ligas tornam essa solução indesejável para muitos fabricantes.

Conseqüentemente, foi desenvolvida uma necessidade para proporcionar um material aperfeiçoado para uso em trocadores de calor que supere as dificuldades das soluções da técnica anterior mencionadas acima. A presente invenção atende essa necessidade proporcionando um material composto de liga de alumínio constituído de uma camada de revestimento de alta condutividade elétrica e um núcleo de condutividade elétrica mais baixa. O material composto apresenta alta resistência mecânica pós-brasagem, condutividades elétrica/térmica aperfeiçoadas pós-brasagem, excelente resistência à corrosão e soldabilidade em processos de brasagem, tal como CAB. O material é ideal como uma carga de aleta nua a ser soldada para soldar tubulação de revestimento em aplicações de trocadores de calor.

O uso de materiais compostos produzidos de alumínio encontrou uso na blindagem de cabos. O pedido de patente USA-A-4.010.315 (Mildner) descreve uma fita de blindagem de cabo, que tem uma primeira camada de alumínio substancialmente puro ligado a uma segunda camada de uma liga de alumínio. Ainda que Mildner possa descrever um material composto, esse pedido de patente não é relacionado com os problemas de brasagem encontrados pela técnica anterior, nem esse pedido de patente sugere qualquer tipo de solução para esses problemas. Outros materiais compostos foram propostos como nos pedidos de patentes US-A-4.146.164 (Anderson) e US-A-5.011.547 (Fujimoro et al.). No entanto, essas patentes são basicamente direcionadas para materiais de revestimento de brasagem, não para material de carga de aleta nu e semelhantes, com é a presente invenção.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

É um objeto da presente invenção proporcionar um compósito de liga de alumínio, que é idealmente adequado para uso em aplicações de trocadores de calor.

Outro objeto da presente invenção é um processo de manufatura de um compósito de liga de alumínio para uso em aplicações de trocadores de calor.

Mais um objeto da presente invenção é um processo de brasagem aperfeiçoado, que utiliza um material composto empregando materiais de ligas de alumínio.

Um outro objeto da presente invenção é um compósito de liga de alumínio, que proporciona um material para trocadores de calor com condutividades elétrica/térmica aperfeiçoadas, resistência ao aqueamento, alta resistência mecânica, excelente resistência à corrosão e boa soldabilidade.

Ainda um outro objeto da invenção é uma carga de aleta nua como o compósito de liga de alumínio, a carga de aleta nua a ser soldada na tubulação de revestimento de brasagem como parte de um trocador de calor, e um processo de produção desse trocador de calor usando o compósito inventivo.

Para satisfazer os objetos e vantagens mencionados acima, a

presente invenção proporciona um material composto de liga de alumínio, o seu processo de manufatura e o seu método de uso em brasagem. O material composto compreende ainda uma camada de núcleo tendo superfícies de núcleo opostas. A camada de núcleo é formada de um primeiro material de liga de alumínio tendo menos de 99% em peso de alumínio e mais do que 1% em peso de um ou mais elementos metálicos. O um ou mais elementos metálicos podem estar em ou fora de solução e aumentar a resistência mecânica do primeiro material de liga de alumínio, de modo que o primeiro material de liga de alumínio tenha uma resistência à tração superior a 103,4 MPa (~ 15 ksi). O material de núcleo tem também uma condutividade elétrica inferior a 50% IACS.

O compósito também compreende pelo menos uma camada de revestimento tendo superfícies opostas, uma das superfícies opostas adjacentes a uma das superfícies de núcleo opostas, com pelo menos uma parte das outras superfícies opostas expostas para fusão, por exemplo, brasagem, com outro componente de alumínio. A pelo menos uma camada de revestimento é formada de um segundo material de liga de alumínio tendo menos do que 1% em peso de um ou mais elementos metálicos, de modo que o segundo material de liga de alumínio tem uma resistência à tração inferior a 103,4 MPa. O material de revestimento pode ter também de zero a 2,5% em peso de outros elementos metálicos que estão em solução e aumentam a negatividade do potencial de corrosão, de modo que o potencial de corrosão do segundo material de liga de alumínio seja pelo menos 20 mV mais negativo do que um potencial de corrosão do primeiro material de liga de alumínio da camada de núcleo. A camada de revestimento tem uma condutividade elétrica superior a 50% IACS.

Com base nas definições acima, a camada de núcleo pode ser formada de um primeiro material de liga de alumínio selecionado do grupo que consiste em ligas de alumínio da série AA2000, série AA3000, série AA5000, série AA6000, série AA7000 e série AA8000. A pelo menos uma camada de revestimento pode ser formada de um segundo material de liga de alumínio selecionado do grupo consistindo em ligas de alumínio da série

AA1000, série AA7000 e série AA8000. Como mencionado acima, a camada de revestimento deve ter uma resistência à tração inferior a 103,4 MPa e um potencial de corrosão de cerca de pelo menos 20 mV mais negativo do que a camada de núcleo para uma maior resistência à corrosão.

5 Em uma modalidade preferida, a camada de núcleo é formada de uma liga de alumínio da série AA3000, uma da série AA6000 e uma da série AA8000 e a camada de revestimento é formada de uma liga de alumínio da série AA1000 e de uma da série AA7000. A pelo menos uma camada de revestimento pode compreender duas camadas de revestimento, cada
10 camada de revestimento sendo adjacente a uma superfície oposta respectiva da camada de núcleo. Particularmente, a camada de núcleo é uma liga de alto do tipo AA3000 e a camada de revestimento é uma liga de alumínio do tipo AA1000. De preferência, a resistência à tração da camada de núcleo é superior a 138 MPa. O potencial de corrosão da camada de revestimento é
15 de preferência pelo menos 50 mV mais negativo do que a camada de núcleo.

 O material composto pode assumir qualquer forma, incluindo folha para carga de aleta, tubulação e semelhantes. De preferência, a espessura de cada camada de revestimento é entre cerca de 5 e 40% da espessura global do compósito, quando do emprego de uma camada de re-
20 vestimento, e entre cerca de 2,5 e 20% da espessura global, quando um par de camadas de revestimento é empregado.

 A invenção também inclui um método de brasagem usando o material composto inventivo. Nessa modalidade, um ou mais camadas de
25 revestimento do material composto são unidas a um ou mais componentes de liga de alumínio, para formar um artigo soldado por brasagem, tal como um trocador de calor. O processo de brasagem pode ser de qualquer tipo convencional, incluindo aqueles utilizando atmosferas controladas e fontes especiais, brasagem a vácuo e semelhantes.

30 A invenção também inclui um processo de manufatura do material composto por aderência, formação de camadas, ligação ou união dos dois materiais entre si. O material composto pode ser formado por folha de

ligação por laminação ou material em tira que tenha sido formado apenas por fundição contínua, fundição contínua e usinagem, e fundição em lingote e usinagem, esse processamento também incluindo as etapas necessárias de tratamento térmico/ recozimento. Outros processos de manufatura também podem ser empregados, nos quais uma camada é depositada ou aplicada em outra camada. Os exemplos dessas técnicas incluem a aspersão de materiais sólidos ou em fusão sobre um substrato do material de núcleo e semelhantes.

A invenção também abrange um artigo soldado por brasagem tendo o material composto como um componente dele, com a camada de revestimento de condutividade elétrica mais alta unida à outra parte componente do artigo em consequência do processo de brasagem.

Em uma modalidade preferida, o material composto inventivo é uma carga de aleta nua para trocadores de calor, que é adaptada para ser soldada por brasagem em uma tubulação de revestimento brasado. As propriedades do compósito inventivo combinam resistência à corrosão, resistência mecânica e condutividade elétrica, para satisfazer as especificações rígidas para aplicações em trocadores de calor requerendo carga de aleta e tubulação de calibres extremamente pequenos.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

Vai-se fazer agora referência aos desenhos da invenção, em que:

a Figura 1 mostra uma primeira modalidade da invenção;

a Figura 2 mostra uma segunda modalidade da invenção;

a Figura 3 mostra a modalidade da Figura 1 unida a outro componente para formar um artigo brasado;

a Figura 4 mostra o compósito inventivo da Figura 2 como uma carga de aleta brasada em uma tubulação de revestimento brasada para aplicação em trocador de calor; e

a Figura 5 é um gráfico comparando o resultado do teste de corrosão SWAAT para vários materiais.

DESCRIÇÃO DAS MODALIDADES PREFERIDAS

A invenção oferece avanços significativos no campo da brasagem de ligas de alumínio entre elas, por combinação de uma liga de alumínio de alta condutividade elétrica e de resistência mecânica relativamente baixa com uma liga de alumínio de condutividade elétrica mais baixa e resistência mecânica mais alta, como um material composto para soldabilidade por brasagem aperfeiçoada, condutividade térmica, excelente resistência à corrosão e alta condutividade elétrica global. O material de alta condutividade elétrica é uma camada de revestimento que cobre ou é adjacente a pelo menos uma superfície da camada de material de núcleo de condutividade elétrica mais baixa. A condutividade elétrica do material de revestimento é superior a 50% IACS e a condutividade elétrica do material de camada de núcleo de resistência mecânica mais alta é inferior a 50% IACS. Combinando-se a camada de revestimento e a camada de núcleo, é formado um material composto que utiliza os atributos do material de resistência mecânica mais alta para uma resistência aperfeiçoada à deformação em altas temperaturas e arqueamento. Ao mesmo tempo, o processo de brasagem não é comprometido, devido às incompatibilidades entre as variáveis do processo de brasagem e o teor de liga do material de liga de alumínio de alta resistência mecânica. Os níveis particularmente preferidos de condutividade elétrica para o material de revestimento são superiores a cerca de 55% IACS.

A camada de núcleo de baixa condutividade elétrica alta resistência mecânica pode ser definida em termos das adições metálicas feitas ao alumínio puro. Esses materiais de núcleo de alta resistência mecânica podem ser definidos como aqueles contendo proporções significativas de adições de elementos metálicos, tais como, mas não limitados a, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Co, Si, Li, Ti, V, Zr e Zn. Essas adições, individualmente ou em combinação, aumentam a resistência mecânica da liga, quando em solução ou não, de modo que o nível de pureza da liga é inferior a 99% em peso de alumínio. Em outras palavras, o material de núcleo tem mais do que 1% em peso de um ou mais desses elementos metálicos, para contribuir com os aumentos de resistência mecânica, de modo que a resistência à tração ex-

ceda 103,4 MPa.

Do mesmo modo, o material de revestimento de alta condutividade elétrica baixa resistência mecânica é geralmente definido como aquelas ligas tendo níveis de pureza superiores a 99% em peso de alumínio. No entanto, a camada de revestimento pode conter adições metálicas de zero a 2,5% em peso desses elementos que tornam o potencial de corrosão da liga menos nobre (mais negativo) e são mantidos em solução de modo a não reduzirem, significativamente, a condutividade elétrica. Os exemplos desses elementos incluem Ga, In e Zn. Em outras palavras, a camada de revestimento tem menos do que 1% em peso dos elementos de reforço encontrados na camada de núcleo, mas podem ter até 2,5% dos elementos metálicos que estão geralmente em solução e tornam o potencial de corrosão da camada de revestimento mais negativo, de preferência 20 mV mais negativo do que a camada de núcleo. Sem os elementos metálicos de reforço encontrados na camada de núcleo, a resistência à tração da camada de revestimento é inferior a 103,4 MPa.

A liga composta da invenção proporciona uma condutividade elétrica pós-brasagem, que é pelo menos 2% IACS superior à condutividade elétrica do núcleo. A redução na resistência mecânica pós-brasagem do compósito é inferior a 20% da resistência mecânica pós-brasagem da liga de núcleo. O compósito pode ser definido em termos dos seguintes:

- A = resistência à tração pós-brasagem do núcleo;
- B = condutividade elétrica do núcleo;
- C = resistência à tração pós-brasagem do compósito; e
- D = condutividade elétrica do compósito, em que $D - B > 2\%$ IACS e $A - C/C \times 100 < 20\%$.

Com base nas definições feitas acima, o material de revestimento de alta condutividade elétrica pode ser selecionado do grupo da série de ligas da Associação de Alumínio AA1000, AA7000 e AA8000. O material de núcleo de condutividade elétrica mais baixa, alta resistência mecânica pode ser selecionado do grupo de ligas de alumínio das séries AA2000, AA3000, AA5000, AA6000, AA7000 e AA8000, proporcionando naturalmente

que cada liga selecionada tenha a condutividade elétrica específica. As ligas particularmente preferidas incluem as ligas das séries AA1000 e AA7000 para o material de revestimento e as ligas de alumínio das séries AA3000, AA6000 e AA8000 para os materiais de núcleo. As ligas especialmente preferidas são AA1000 para o material de revestimento e a liga da série AA3000 ou AA6000 para o material do núcleo. Os exemplos específicos para a camada de núcleo incluem AA3003 e AA6061.

As propriedades mecânicas também podem ser usadas em conjunto com as condutividades elétricas mencionadas acima, para distinguir os materiais das camadas de núcleo e de revestimento. A camada de núcleo deve ter uma resistência à tração superior a 103,4 MPa e a camada de revestimento deve ter uma resistência à tração inferior a 103,4 MPa. Para algumas aplicações, as ligas tendo valores de resistência mecânica mínimos, por exemplo, superiores a cerca de 138 MPa em resistência à tração, são particularmente preferidas para uso como a camada de núcleo do que aquelas com pelo menos 103,4 MPa de resistência à tração.

Para uma melhor resistência à corrosão, o potencial de corrosão da camada de revestimento deve ser pelo menos 20 mV mais negativo do que a camada de núcleo, de preferência, 50 mV mais negativo do que a camada de núcleo. Como vai ser mostrado abaixo, o controle dessa diferença do potencial de corrosão aperfeiçoa bastante a resistência à corrosão do material composto, tornando-o, desse modo, ideal para uso em trocadores de calor.

Deve-se entender que a seleção das ligas nas várias séries da Associação de Alumínio reflete a resistência à tração, as condutividades elétricas desejadas e o potencial de corrosão para as camadas de núcleo e de revestimento do compósito, como descrito acima. As ligas adequadas para a invenção podem incluir composições que se encaixariam em uma determinada especificação para um certo tipo de liga, por exemplo, AA3003 para o núcleo, ou pode ser um híbrido composicional de duas ou mais ligas, desde que a resistência mecânica, o potencial de corrosão e as normas de resistência mecânica sejam satisfeitos, por exemplo, uma composição que

pode ter as características das ligas das séries AA3000, AA7000 e AA8000.

Em um uso, o compósito inventivo é idealmente adequado como uma carga de aleta de trocador de calor nua para uso com tubulação de revestimento de brasagem, enquanto ainda apresentando uma excelente combinação de condutividade elétrica, resistência à corrosão e resistência mecânica pós-brasagem. Com essa combinação, a perda da integridade da aleta e/ou da resistência mecânica da coluna, que o material de carga de aleta da técnica anterior pode ser submetido, em consequência da redução de calibre, é eliminada ou reduzida. Desse modo, a carga de aleta é menos propensa à falha devido à ciclagem de pressão encontrada quando o trocador de calor é usado em um veículo ou em uma outra máquina. Ainda que a carga de aleta da técnica anterior seja capaz de satisfazer os requisitos de resistência mecânica para esses tipos de aplicação, esses materiais da técnica anterior carecem da condutividade elétrica necessária para troca térmica e não são tão adequados para trocadores de calor como o compósito inventivo.

A Figura 1 mostra uma modalidade do compósito inventivo designado pelo número de referência 10. O compósito inclui uma camada de núcleo 1 tendo as superfícies opostas 3 e 5. Uma camada de revestimento 7 é mostrada com uma das suas superfícies 9 adjacente à superfície 5 da camada de núcleo 1. Uma vez que a superfície da camada de revestimento 9 é adjacente ao núcleo, uma camada oposta 11 está nua ou exposta para fixação em outro componente por uma operação de brasagem. Na modalidade da Figura 1, a espessura da camada de revestimento pode ser de 5 a 40% da espessura (a espessura ou relação de revestimento). A espessura global pode variar, dependendo da aplicação particular do material composto. Por exemplo, para carga de aleta, a espessura da folha pode variar entre 0,05 mm (0,002 polegada) e 0,15 mm (0,006 polegada). Outras formas de componentes, tal como tubo, podem ter outras faixas de espessuras. Por exemplo, a espessura da folha para tubo pode ser de 0,203 mm (0,008 polegada).

A Figura 2 mostra uma modalidade alternativa 20, na qual cada uma das superfícies 3 e 5 do núcleo são adjacentes a uma camada de re-

vestimento 7. Nesta modalidade, a relação de espessuras de cada camada de revestimento é em uma faixa preferida entre cerca de 2,5 e 20% da espessura global do compósito 20.

Nas Figuras 1 e 2, a camada de núcleo 1 é descrita como sendo
5 adjacente a uma ou mais camadas de revestimento 7. Adjacente é intencio-
nado para abranger os métodos conhecidos de aderir, estratificar ou unir a
camada de revestimento/material para formar a estrutura composta ilustrada.
O termo estratificado é intencionado para abranger as etapas necessárias
para formar o material composto do núcleo e dos materiais de revestimento.
10 Os exemplos de tal estratificação incluem ligação por laminação, em que as
forças de laminação são empregadas para prender as camadas existentes
entre elas. Outras formas de estratificação podem incluir fundição contínua,
em que cada camada é fundida ou fundida e usinada para formar a estrutura
composta. Os métodos nos quais uma camada é formada e a outra formada
15 sobre ela também podem ser utilizados, tais como aqueles disponíveis na
técnica de deposição de metal líquido e/ou sólido, por exemplo, aspersão
térmica, aspersão a arco, aspersão em pó. Quando se partindo com uma
camada, essa camada pode ser formada usando técnicas de fundição em
lingotes ou contínua convencionais e métodos de laminação a quente e/ou a
20 frio convencionais. O material de revestimento é depois aplicado sobre ela
para formar o compósito.

A Figura 3 mostra o compósito 10 da Figura 1 brasado em outro
componente de liga de alumínio 15. O componente pode ser revestimento
por brasagem, se desejado. Nessa figura, a zona brasada é identificada pelo
25 número de referência 17. O processo de brasagem pode ser qualquer técni-
ca de brasagem convencional, incluindo CAB e brasagem a vácuo. Uma
técnica preferida é um processo de brasagem em atmosfera controlada, no
qual a brasagem é conduzida sob condições não atmosféricas, por exemplo,
uma atmosfera de nitrogênio seco. Esses processos CAB são comumente
30 empregados para unir material de alumínio e usar temperaturas elevadas,
por exemplo, 600°C, para formar uma junta brasada efetiva. Durante esses
tipos de processos de brasagem, um fundente é empregado para facilitar o

processo de brasagem. Um desses fundentes é um fundente Nocolok[®], que pode interagir adversamente com o material sendo brasado. Por uso do material composto da invenção, os elementos de liga, que são tipicamente encontrados em ligas de alumínio de alta resistência mecânica, são separados do fundente. Conseqüentemente, uma liga de alumínio de alta resistência mecânica pode ser empregada como um componente de artigo brasado, sem afetar adversamente o processo de brasagem. Mais particularmente, a camada de revestimento 7 da Figura 3 age como uma barreira de difusão para os elementos de liga do núcleo que degradariam, sob outras circunstâncias, o processo de brasagem por interação com o fundente.

A camada de revestimento 7 também funciona como uma barreira de difusão para o material de brasagem em fusão 13, que penetraria, de outro modo, na camada de núcleo 1. A redução da profundidade e/ou da quantidade de material de brasagem 13 penetrando na camada de núcleo 1 aperfeiçoa as características de arqueamento e fusão em altas temperaturas do artigo brasado. Desse modo, a camada de revestimento, se abrange a camada de núcleo ou é aplicada sobre apenas uma das suas superfícies, executa um papel de função de barreira de difusão duplo.

As evidências das Figuras 1 e 3 mostram as várias camadas em forma de folha ou tira. No entanto, o material composto pode ser produzido em qualquer forma, carga de aleta corrugada, tubo, condutos principais, ou qualquer outra forma que seria adaptada para brasagem.

Com referência à Figura 4, o material composto é formado como uma folha de carga de aleta nua 40, a carga de aleta incluindo a camada de núcleo 1 e as camadas de revestimento expostas e prontas para brasagem 7. A camada de revestimento exposta 7 é brasada em um tubo de revestimento de brasagem 31 tendo uma camada de revestimento de brasagem 33 sobre um núcleo 35, usando um processo de brasagem, tal como CAB. As áreas brasadas 41 e 43 fundem o revestimento de brasagem 33 com as camadas de revestimento 7 da carga de aleta 40.

Embora não mostrado, o tubo 31 e a carga de aleta 30 seriam parte de um trocador de calor, como é conhecido na técnica, consultar, por

exemplo, o pedido de patente US-A-5.148.862, aqui incorporado por referência. Uma vez que essa construção é bem conhecida, uma ilustração adicional não é considerada necessária para entendimento da invenção.

Ainda que a Figura 4 mostre a modalidade da Figura 2 da invenção como carga de aleta nua, também uma carga de aleta nua corrugada tendo apenas uma camada de revestimento 7 poderia ser brasada em um material de revestimento de brasagem.

Para demonstrar os aperfeiçoamentos inesperados associados com o compósito inventivo, foram conduzidos estudos experimentais comparando os materiais de alta resistência mecânica e vários materiais de acordo com a invenção. Em um teste, o material de alta resistência mecânica é similar a um material de liga de alumínio da série AA3000 e o compósito inventivo utiliza esse material de alta resistência mecânica como a camada de núcleo, X3, e um material AA1100 como a camada de revestimento. Em outra série de testes, os materiais de alta resistência mecânica incluíram as ligas das séries AA3000 e AA7000, bem como as composições satisfazendo a definição dos materiais de núcleo e revestimento, como definidos acima. As composições químicas dos materiais são ilustradas na Tabela 1.

Tabela 1: Composição química (% em peso)*

Liga	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Ni	Zn	Zr
Núcleo A	1,00	0,20	<0,01	1,58	<0,01	-	2,03	0,10
1100	0,14	0,52	0,15	0,01	<0,01	-	0,01	-
Rev. X	0,15	0,50	0,15	<0,01	<0,01	<0,01	1,2	-
Rev. Y	0,03	0,15	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	0,80	-
Núcleo B	1,03	1,02	0,15	0,50	<0,01	<0,01	1,06	0,12
Núcleo C	0,75	0,98	0,15	0,26	0,14	0,81	1,02	-
Núcleo D	0,74	0,98	0,52	0,26	<0,01	0,50	1,03	-
Núcleo E	0,72	1,00	0,66	0,58	0,15	<0,01	0,51	-

20 Rev. = Revestimento

*Restante alumínio e impurezas eventuais

Em uma série de testes, quatro materiais foram usados para o estudo, um sendo o Núcleo A não revestido. Os outros três materiais foram

materiais de revestimento, como se segue:

- 1) Revestimento do Núcleo A sobre ambas as superfícies com AA1100, a relação de revestimento foi de 10% (a relação de revestimento é a espessura do revestimento dividida pela espessura do compósito global);
- 2) Revestimento do Núcleo A sobre ambas as superfícies com AA1100 a uma relação de revestimento de 15%; e
- 3) Revestimento do Núcleo A sobre ambas as superfícies com AA1100 a uma relação de revestimento de 30%.

Os materiais foram produzidos usando um material de lingote DC (fundição contínua) fundido em laboratório para a camada de núcleo e um lingote DC fundido em produção para a camada de revestimento. O material de núcleo e os lingotes de revestimento foram laminados a quente para os calibres de aglutinação apropriados e os compósitos foram montados usando arame de aço inoxidável. O compósito foi reaquecido a 482°C e laminado a quente para ligar o material de revestimento com o material de núcleo. Os calibres de saída da linha quente dos compósitos foram de 8,89 mm. Os compósitos foram laminados a frio a um calibre de recozimento intermediário de 0,254 mm e a batelada recozida a 399°C por 2 horas. Os compósitos foram depois submetidos a uma redução a frio final de 30% a um calibre de 0,178 mm, para produzir um material de aleta revenido -H1X. As amostras dos compósitos e uma carga de aleta de liga X3 processados de acordo com a mesma prática de revenimento -H1X foram submetidas a um ciclo de brasagem simulado a 593°C e avaliados para propriedade mecânica e condutividade elétrica. Os resultados dessas avaliações são mostrados na Tabela 2. Como é evidente dessa tabela, o compósito inventivo apresenta uma condutividade elétrica muito aperfeiçoada em relação ao material não revestido e de resistência mecânica mais alta, tornando-o, desse modo, um candidato ideal para um material de trocador de calor brasável. O aumento na condutividade elétrica pós-brasagem de 41,0% em peso IACS para um de 43,0 e 44,0% IACS é significativo, uma vez que um aumento na condutividade elétrica indica que a condutividade térmica é aperfeiçoada, melho-

rando, desse modo, a troca térmica.

Tabela 2

Liga do núcleo	Liga do revestimento	Partes laterais	Relação de revestimento, %	Tração pós-brasagem (MPa)	Cond. elet. pós-brasagem (% IACS)
X3	nenhuma	nenhuma	nenhuma	147	41,0
X3	1100	duas	10	139	43,0
X3	1100	duas	15	134	44,0
X3	1100	uma	30	132	44,0

Outra série de testes foi conduzida seguindo o procedimento experimental mencionado acima para o Núcleo A e AA1100, usando outros materiais da Tabela 1. A Tabela 3 mostra os valores de tração e condutividade pós-brasagem para AA1100, Revestimento X e B, os Núcleos B - E e como os vários materiais se correlacionam com as definições das camadas de núcleo e de revestimento mostradas acima. A Tabela 3 mostra que os materiais de revestimento têm uma resistência à tração inferior a 103,4 MPa e uma condutividade elétrica superior a 50% IACS, enquanto que todas as ligas de núcleo excedem a resistência à tração de 103,4 MPa e têm condutividades inferiores a 50% IACS.

Tabela 3. Propriedades das camadas de núcleo e de revestimento separadas

Liga	Resistência à tração pós-brasagem (MPa)	Cond. pós-brasagem (% IACS)
1100	90	58
Revestimento X	74	56
Revestimento Y	48	59
Revestimento B	156	45
Núcleo C	146	44
Núcleo D	145	48
Núcleo E	145	45

A Tabela 4 mostra a tração e as condutividades das camadas de revestimento e de núcleo, quando formadas no compósito inventivo. Como é

evidente dessa tabela, os compósitos pós-brasagem combinam excelente condutividade elétrica com resistência mecânica, tornando-os muito desejáveis para uso quando são necessários os requisitos de boas condutividade e resistência mecânica, por exemplo, carga de aleta nua para uso em trocadores de calor.

Como mencionado acima, a resistência à corrosão é uma característica necessária dos materiais para trocadores de calor. A Tabela 5 mostra o potencial de corrosão dos materiais testados e a Figura 5 retrata o comportamento de corrosão em teste SWAAT. Uma vez que esse tipo de teste de acordo com a Norma ASTM G85 é bem reconhecido, uma descrição adicional dos detalhes do teste efetivo não é considerada necessária para entendimentos dos resultados dos testes.

Tabela 4. Propriedades após manufatura do compósito

Designação do material composto	Tipo de núcleo	Tipo de revestimento	Relação das espessuras, %	Tração pós-brasagem, MPa	Cond. pós-brasagem, % IACS	Tamanho de grão pós-brasagem, μm
Y/B	Núcleo B	Revest. Y	15	121	49	635
Y/B	Núcleo B	Revest. Y	10	125	47	677
Y/C	Núcleo C	Revest. Y	15	121	48	203
Y/C	Núcleo C	Revest. Y	10	129	47	441
X/D	Núcleo D	Revest. X	15	125	50	597
Y/D	Núcleo D	Revest. Y	10	135	50	251
X/E	Núcleo E	Revest. X	15	123	47	535
X/E	Núcleo E	Revest. X	10	138	47	339

Tabela 5. Potenciais de corrosão eletroquímica ASTM G69

Liga	Potencial de corrosão mV vs. S.C.E.
1100	-746
Revestimento X	-892
Revestimento Y	-782
Núcleo A	-892

Continuação

Liga	Potencial de corrosão mV vs. S.C.E.
Núcleo B	-803
Núcleo C	-742
Núcleo D	-723
Núcleo E	-720

A Tabela 5 mostra que os materiais AA1100, Revestimento X e Revestimento Y têm todos potenciais que seriam mais negativos por pelo menos 20 mV do que um dos Núcleos B - E. O alto potencial de corrosão do Núcleo A pode ser atribuído ao seu alto teor de zinco e o desempenho de corrosão do revestimento de AA1100 no Núcleo A não seria esperado ser melhor do que o do próprio Núcleo A.

No entanto, uma resistência à corrosão significativa pode ser atingida por controle do potencial da camada de revestimento, para ser pelo menos 20 mV mais negativa do que do material de núcleo. Com referência à Figura 5, os tempos de resistência à corrosão SWAAT são plotados versus vários materiais, incluindo materiais de núcleo nus e materiais compostos, alguns de acordo com a invenção. Os materiais de núcleo nus AA3003, AA7013 e Núcleos B - E sem revestimento não apresentaram uma resistência à corrosão pronunciada. Os materiais compostos Revestimento Y no Núcleo C e Revestimentos X e Y no Núcleo D apresentam todos uma resistência à corrosão pronunciada, comparados com o Núcleo D ou E não revestido. Os materiais compostos de acordo com a invenção também apresentam uma resistência à corrosão bastante aperfeiçoada, comparados com as ligas AA3003 e AA7013.

O material composto é também benéfico pelo fato de que os elementos de liga exóticos ou especiais e as técnicas para tal não são necessários para produzir um artigo brasado aperfeiçoado. De fato, as ligas padrão podem ser utilizadas com base nas características de condutividade elétrica, como ambos o material de núcleo e o material de revestimento para produzir o compósito. Desse modo, as ligas podem ser manufaturadas mais economicamente, tais economias também refletindo os custos reduzidos para o artigo brasado.

REIVINDICAÇÕES

1. Material de carga de aleta para trocador de calor, caracterizado pelo fato de que compreende um compósito de liga de alumínio tendo uma espessura da folha de 0,05 a 0,15 mm, em que o compósito compreende:

5

a) uma camada de núcleo tendo superfícies de núcleo opostas e sendo formada por um primeiro material de liga de alumínio, selecionado a partir de uma liga de alumínio da série AA3000, da série AA6000 e da série AA8000, tendo menos de 99% em peso de alumínio e mais de 1% em peso de elementos metálicos selecionados do grupo contendo Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Co, Si, Li, Ti, V, Zr e Zn, os elementos metálicos estando ou não em solução e aumentando a resistência mecânica do primeiro material de liga de alumínio, de modo que o primeiro material de liga de alumínio tenha uma resistência à tração superior a 103,4 MPa, e tendo uma condutividade elétrica inferior a 50% IACS; e

10

15

b) pelo menos uma camada de revestimento tendo superfícies opostas, uma das superfícies opostas adjacente a uma das superfícies de núcleo opostas, com pelo menos uma parte das outras superfícies opostas exposta para fusão com outro componente de alumínio, a pelo menos uma camada de revestimento sendo formada por um segundo material de liga de alumínio tendo menos de 1% em peso de elementos metálicos selecionados a partir do grupo contendo Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Co, Si, Li, Ti, V e Zr, de modo que o segundo material de liga de alumínio tenha uma resistência à tração inferior a 103,4 MPa, e contendo adições metálicas de até 2,5% em peso de outros elementos metálicos, selecionados do grupo contendo Ga, In e Zn que estão em solução e aumentam a negatividade do potencial de corrosão de modo que o potencial de corrosão do segundo material de liga de alumínio seja pelo menos 20 mV mais negativo do que um potencial de corrosão do primeiro material de liga de alumínio da camada de núcleo, e tendo uma condutividade elétrica superior a 50% IACS.

20

25

30

2. Material de carga de aleta, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a pelo menos uma camada de revestimento

compreende duas camadas de revestimento, cada camada de revestimento sendo adjacente a uma respectiva superfície oposta da camada de núcleo, cada uma das outras superfícies opostas das camadas de revestimento sendo expostas para brasagem.

5 3. Material de carga de aleta, de acordo com a reivindicação de 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o material de núcleo e a camada de revestimento são materiais em folha.

 4. Material de carga de aleta, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 3, caracterizado pelo fato de que o material de núcleo
10 tem uma primeira espessura e pelo menos uma camada de revestimento tem uma segunda espessura, uma relação da segunda espessura para a espessura combinada das primeira e segunda variando entre 5 e 40%.

 5. Material de carga de aleta, de acordo com a reivindicação 4,
15 caracterizado pelo fato de que o material de núcleo tem uma primeira espessura e cada uma das duas camadas de revestimento tem uma segunda espessura, uma relação de cada segunda espessura para a espessura combinada das primeira e segunda variando entre 2,5 e 20%.

 6. Material de carga de aleta, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 5, caracterizado pelo fato de que a camada de núcleo
20 é uma liga de alumínio da série AA3000 e pelo menos uma camada de revestimento é uma liga de alumínio da série AA1000.

 7. Processo de formação de um artigo brasado por brasagem de pelo menos dois componentes de ligas de alumínio conjuntamente, caracterizado pelo fato de que compreende as seguintes etapas:

25 a) proporcionar um material de carga de aleta, como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 6;

 b) proporcionar pelo menos um componente de liga de alumínio revestido de brasagem; e

 c) brasar pelo menos um componente de liga de alumínio na
30 parte da superfície oposta exposta do composto de liga de alumínio, para formar o artigo brasado.

 8. Processo, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pe-

lo fato de que a etapa de brasagem compreende ainda usar um fundente de brasagem e uma atmosfera controlada.

5 9. Processo, de acordo com a reivindicação 7 ou 8, caracterizado pelo fato de que o compósito de liga de alumínio é um material de carga de aleta nu para uso em trocador de calor e o componente de liga de alumínio de revestimento de brasagem é tubo de revestimento de brasagem.

10 10. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 7 a 9, caracterizado pelo fato de que um par de camadas de revestimento é proporcionado adjacente a cada superfície oposta da camada de núcleo e um componente de liga de alumínio é brasado em cada superfície oposta exposta das camadas de revestimento.

15 11. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 7 a 10, caracterizado pelo fato de que a camada de núcleo é formada de uma liga de alumínio da série AA3000, uma da série AA6000 e uma da série AA8000.

12. Processo, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que a camada de revestimento é formada de uma liga de alumínio da série AA1000.

20 13. Processo de produção de material de carga de aleta para trocador de calor compreendendo um compósito de liga de alumínio tendo uma espessura da folha de 0,05 a 0,15 mm, caracterizado pelo fato de que compreende:

25 a) proporcionar uma camada de núcleo tendo superfícies de núcleo opostas e sendo formada de um primeiro material de liga de alumínio, selecionado a partir de uma liga de alumínio da série AA3000, da série AA6000 e da série AA8000, tendo menos de 99% em peso de alumínio e mais de 1% em peso de elementos metálicos selecionados do grupo contendo Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Co, Si, Li, Ti, V, Zr e Zn, os elementos metálicos estando ou não em solução e aumentando a resistência mecânica do primeiro material de liga de alumínio, de modo que o primeiro material de liga de alumínio
30 tenha uma resistência à tração superior a 103,4 MPa, e tendo uma condutividade elétrica inferior a 50% IACS; e

b) proporcionar pelo menos uma camada de revestimento tendo superfícies opostas, uma das superfícies opostas adjacente a uma das superfícies de núcleo opostas, com pelo menos uma parte das outras superfícies opostas exposta para fusão com outro componente de alumínio, pelo menos uma camada de revestimento sendo formada de um segundo material de liga de alumínio tendo menos de 1% em peso de elementos metálicos selecionados do grupo contendo Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Co, Si, Li, Ti, V e Zr, de modo que o segundo material de liga de alumínio tenha uma resistência à tração inferior a 103,4 MPa, e contendo adições metálicas de até 2,5% em peso dos elementos metálicos selecionados do grupo contendo Ga, In e Zn que estão em solução e aumentam a negatividade do potencial de corrosão, de modo que o potencial de corrosão do segundo material de liga de alumínio seja pelo menos 20 mV mais negativo do que um potencial de corrosão do primeiro material de liga de alumínio da camada de núcleo, e tendo uma condutividade elétrica superior a 50% IACS; e

c) estratificar o material de núcleo e o pelo menos um material de revestimento, para formar o compósito de liga de alumínio tendo pelo menos uma camada de material de revestimento adjacente a uma camada de material de núcleo e pelo menos uma parte da camada de revestimento exposta para brasagem após a etapa de estratificação.

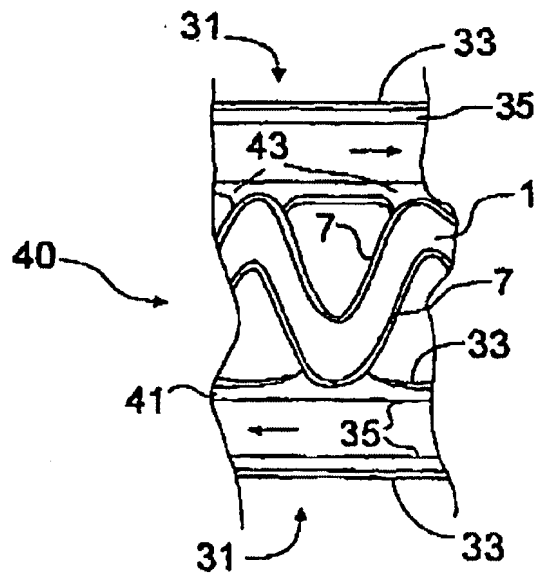
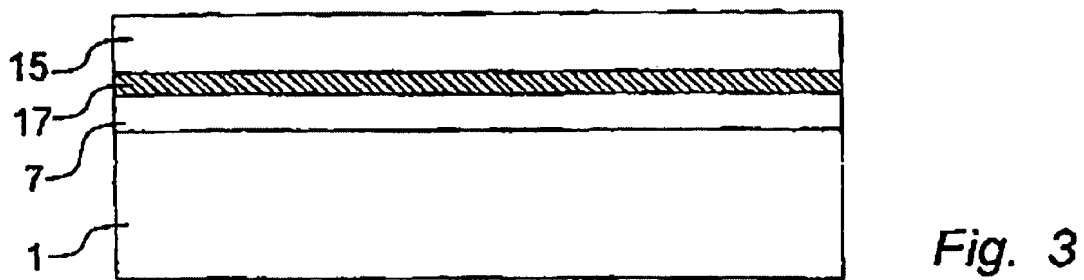
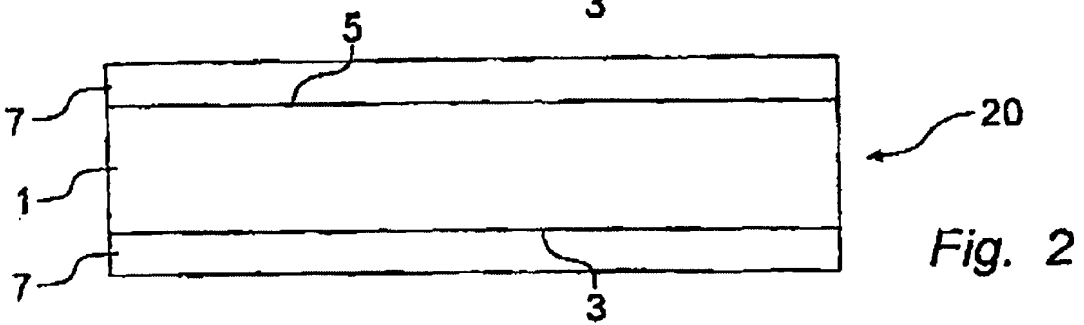
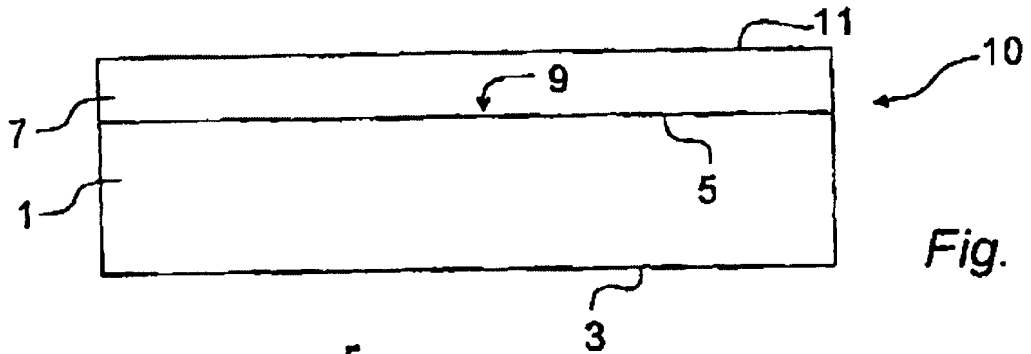
14. Processo, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que o material de núcleo compreende uma primeira folha e pelo menos um material de revestimento compreende uma segunda folha, a etapa de estratificação compreendendo aglutinação por laminação das primeira e segunda folhas conjuntamente, para formar o material composto de liga de alumínio.

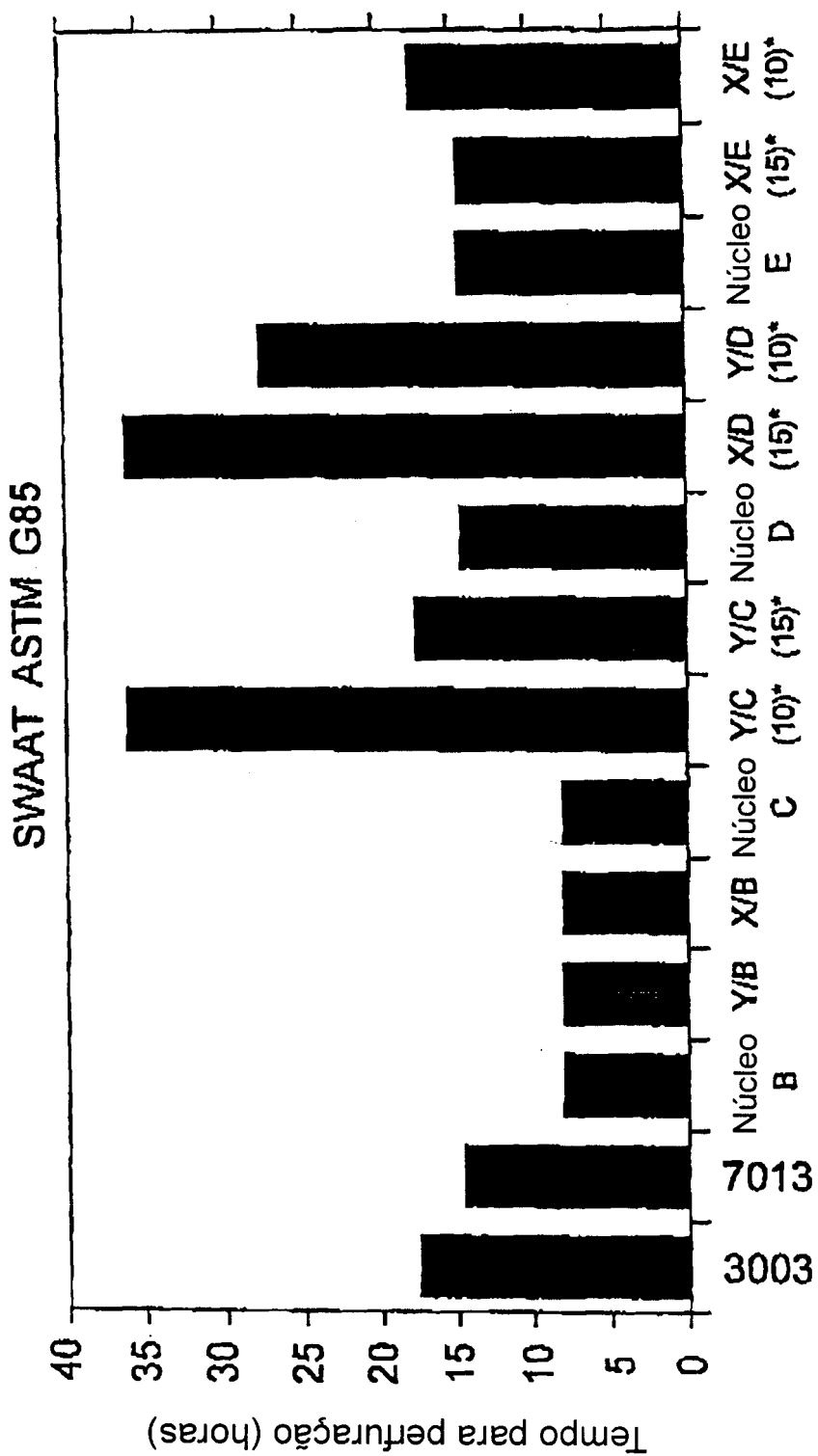
15. Processo, de acordo com a reivindicação 13 ou 14, caracterizado pelo fato de que o material de revestimento está em uma forma metálica sólida ou em fusão, a etapa de estratificação compreende depositar o material de revestimento sobre o material de núcleo, para formar o material composto de liga de alumínio.

16. Processo, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado

pelo fato de que a etapa de deposição compreende aspensão.

17. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 13 a 16, caracterizado pelo fato de que o material de núcleo é formado de uma liga de alumínio da série AA3000, uma da série AA6000 e uma da série
5 AA8000.





* Relação do revestimento em porcentagem

Fig. 5

RESUMO

Patente de Invenção: **"MATERIAL DE CARGA DE ALETA PARA TROCADOR DE CALOR, SEU PROCESSO DE PRODUÇÃO E PROCESSO DE FORMAÇÃO DE UM ARTIGO BRASADO POR BRASAGEM"**.

5 A presente invenção refere-se a um material de carga de aleta para trocador de calor compreendendo um compósito de liga de alumínio tendo uma espessura da folha de 0,05 a 0,15 mm compreendendo: a) uma camada de núcleo com superfícies de núcleo opostas e formada por um primeiro material de liga de alumínio, selecionada a partir de uma liga de alu-
10 mínio das séries AA3000, AA6000 e AA8000, tendo menos de 99% em peso de alumínio e mais de 1% em peso de elementos metálicos, os elementos metálicos estando ou não em solução e aumentando a resistência mecânica do primeiro material de liga de alumínio, de modo que o primeiro material de liga de alumínio tenha uma resistência à tração superior a 103,4 MPa, e ten-
15 do uma condutividade elétrica inferior a 50% IACS; e b) pelo menos uma camada de revestimento com superfícies opostas, uma das superfícies opostas adjacente a uma das superfícies de núcleo opostas, com pelo menos uma parte das outras superfícies opostas exposta para fusão com outro componente de alumínio, a pelo menos uma camada de revestimento sendo
20 formada por um segundo material de liga de alumínio tendo menos de 1% em peso de elementos metálicos, de modo que o segundo material de liga de alumínio tenha uma resistência à tração inferior a 103,4 MPa, e contendo adições metálicas de até 2,5% em peso de outros elementos metálicos que estão em solução e aumentam a negatividade do potencial de corrosão de
25 modo que o potencial de corrosão do segundo material de liga de alumínio seja pelo menos 20 mV mais negativo do que um potencial de corrosão do primeiro material de liga de alumínio da camada de núcleo, e tendo uma condutividade elétrica superior a 50% IACS.

 A presente invenção refere-se ainda ao processo de produção
30 do referido material de carga de aleta para trocador de calor e a um processo de formação de um artigo brasado por brasagem.