



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

(11) PI 0416973-5 B1



(22) Data de Depósito: 24/11/2004

(45) Data da Concessão: 28/07/2015
(RPI 2325)

(54) Título: PROCESSO DE REUNIÃO DE CHAPAS FEITAS DE LIGA DE ALUMÍNIO

(51) Int.Cl.: C22C21/02; C22C21/04; B23K35/00; B23K35/02

(30) Prioridade Unionista: 28/11/2003 FR 03 14000

(73) Titular(es): ALCAN RHENALU, Alcan Rolled Products-Ravenswood, LLC, CONSTELLIUM FRANCE, Constellium Rolled Products Ravenswood, LLC

(72) Inventor(es): Sandrine Dulac, Sylvain Henry

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**PROCESSO DE REUNIÃO DE CHAPAS FEITAS DE LIGA DE ALUMÍNIO**".

Domínio da Invenção

[001] A presente invenção refere-se à brasagem sem fundente sob atmosfera controlada de tiras feitas de liga de alumínio revestidas em uma ou duas faces com uma liga de brasagem, e destinada em especial à fabricação de trocadores de calor para o automóvel ou a construção.

Estado da Técnica

[002] A utilização, para a aplicação de trocadores, de ligas com alma de endurecimento estrutural (notadamente da série 6xxx: Al-Mg-Si) era bastante corrente enquanto o processo de brasagem utilizado era do tipo brasagem sob vácuo. A passagem para a tecnologia da brasagem sob atmosfera controlada com fundente não-corrosivo Nocolok®, em ligação com o custo elevado associado aos fornos sob vácuo e à manutenção dos mesmos, pôs um ponto final a esse uso. O processo Nocolok® impõe de fato restrições estritas sobre a utilização de ligas com magnésio, pois esse elemento reage com o fundente, utilizado para dissolver a camada de óxido, e o torna inoperante. O teor geralmente dado como limite é da ordem de 0.3%. Acima disso, uma quantidade muito grande de fundente seria necessária, o que tornaria a operação extremamente dispendiosa.

[003] Por outro lado, a resistência à corrosão de um grande número de tiras para trocadores é baseada na formação de uma camada anódica na interface alma/revestimento que impõe um teor muito baixo em silício na alma. Esse é o caso, por exemplo, das ligas descritas na patente EP 0326337 (Alcan).

[004] As ligas 6xxx foram portanto substituídas muito majoritariamente por ligas 3xxx de baixo magnésio e baixo silício e o efeito de

endurecimento estrutural foi perdido.

[005] Ligas de alma de tipo 3xxx com endurecimento estrutural foram propostas recentemente, por exemplo, na patente EP 0718072(Hoogovens Aluminium Walzprodukte) ou no pedido EP 1254965 (SAPA Heat Transfer). Nos dois casos, nenhuma modificação foi trazida às tiras para melhorar sua aptidão à brasagem em um forno Nocolok® padrão. Em consequência disso, ou o teor em magnésio deve ser limitado a um valor relativamente baixo (por exemplo, inferior a 0,35% como no caso do pedido EP 1254965), mas o efeito de endurecimento estrutural é nesse caso relativamente reduzido, ou é necessário aumentar a quantidade de fundente colocada, ou utilizar um fundente alternativo tal como o fundente com cério descrito na patente US 5771962 (Ford). Nos dois casos, isso se traduz por um aumento significativo do custo da operação.

[006] A invenção visa propor um material que possui ao mesmo tempo propriedades de endurecimento estrutural, mas também uma boa aptidão à brasagem nas linhas Nocolok® existentes.

Objeto da Invenção

[007] A invenção tem como objeto um processo de reunião de chapas feitas de liga de alumínio que compreende uma brasagem sem fundente sob atmosfera controlada a uma temperatura compreendida entre 580 e 620°C, um resfriamento rápido e eventualmente um revenido a uma temperatura compreendida entre 80 e 250°C, e no qual pelo menos uma das chapas é constituída por uma liga com alma de composição (% em peso):

Si: 0,3 - 1,0 Fe < 1,0 Cu: 0,3 - 1,0 Mn: 0,3 - 2,0 Mg: 0,3 - 3,0 Zn < 6,0 Ti < 0,1 Zr < 0,3 Cr < 0,3 Ni < 2,0 Co < 2,0 Bi < 0,5 Y < 0,5 impurezas inevitáveis < 0,05 cada um deles e 0,15 no total, resto alumínio, e revestida em pelo menos uma face com uma liga de alumínio de brasagem que contém de 4 a 15% de silício e de 0,01 a 0,5% de pelo me-

nos um dos elementos Ag, Be, Bi, Ce, La, Pb, Pd, Sb, Y ou de "mischmetal".

[008] Uma composição preferida para a liga de alma é:

Si: 0,3 - 1,0 Fe < 0,5 Cu: 0,35 - 1,0 Mn: 0,3 - 0,7 Mg: 0,35 - 0,7 Zn < 0,2 Ti < 0,1 Zr < 0,3 Cr < 0,3 Ni < 1,0 Co < 1,0 Bi < 0,5 Y < 0,5 impurezas inevitáveis < 0,05 cada um deles e 0,15 no total, resto alumínio.

[009] No caso da fabricação de trocadores térmicos, o revenido pode ser efetuado em decorrer do funcionamento nas partes quentes do trocador.

Descrição das Figuras

[0010] As figuras 1a e 1b representam, respectivamente em vista de cima e vista de lado, os corpos de prova em V utilizados nos exemplos para avaliar a aptidão à brasagem.

[0011] A figura 2 representa a definição da largura da junta soldada por brasagem no teste de aptidão à brasagem descrito nos exemplos.

Descrição da Invenção

[0012] A invenção repousa na seleção, para a brasagem sem fundente, de uma composição especial para a liga de alma, em combinação com a adição à liga de revestimento de um ou vários elementos que permitem modificar as propriedades de superfície da mesma, como a tensão superficial ou a composição da camada de óxido.

[0013] A liga de alma contém manganês e cobre, assim como silício e magnésio para permitir um endurecimento por precipitação de Mg_2Si .

[0014] O teor em silício deve ser superior a 0,3% para permitir a formação de uma quantidade suficiente de Mg_2Si , mas permanecer inferior a 1% se é desejado conservar uma diferença suficiente entre as temperaturas de fusão da liga de alma e da liga de revestimento. O teor em magnésio está compreendido entre 0,3 e 3,0%, e de preferên-

cia entre 0,35 e 0,7%. Ele deve ser suficiente para permitir a formação de Mg_2Si , e não é limitado, como no pedido EP 1254965, pelo risco de reação com o fundente, visto que não há fundente. Contrariamente ao que é preconizado pelo pedido de patente EP 1254965, não se visa um excesso de silício em relação à quantidade estequiométrica para formar Mg_2Si , mas, ao contrário, um excesso de magnésio. No entanto, o magnésio tendo uma influência desfavorável sobre a conformabilidade, é desejável limitá-lo a 0,7% para as aplicações que exigem uma conformação grande.

[0015] O cobre aumenta a resistência mecânica da liga quando ele está em solução sólida. Contrariamente ao ensinamento de EP 1254965, o requerente não constatou diminuição da resistência à corrosão acima de 0,3% com a condição de não ultrapassar 1%, limite a partir do qual o cobre precipita. Ao contrário, a presença de cobre em solução sólida aumenta o potencial de corrosão. Uma razão suplementar de não ultrapassar 1% é evitar abaixar demais a temperatura de fusão da liga.

[0016] A liga de revestimento é, de maneira habitual, uma liga de alumínio que contém de 4 a 15% de silício, e eventualmente impurezas inevitáveis de adição tais como Cu, Mg ou Zn. Uma das características da invenção é acrescentar à liga de revestimento um ou vários elementos que permitem melhorar sua molhabilidade, que pertencem ao grupo constituído por Ag, Be, Bi, Ce, La, Pb, Pd, Sb, Y ou mischmetal, que é uma mistura de terras-raras não-separadas. É essa melhor molhabilidade que permite evitar a utilização de um fundente na brasagem, sem por causa disso operar sob vácuo.

[0017] A liga de brasagem é na maior parte das vezes aplicada sobre a liga de alma por colaminação. No caso em que a liga de brasagem é aplicada sobre uma única face, a outra face pode ser revestida, de maneira conhecida em si, com uma liga sacrificial, geralmente

de tipo Al-Zn, destinada a melhorar a resistência à corrosão da liga de alma.

[0018] A liga de brasagem também pode ser colocada sob a forma de partículas, notadamente de partículas Al-Si, como descrito por exemplo na patente EP 0568568 (Alcan International). Para a brasagem sob atmosfera controlada, as partículas de liga de brasagem são geralmente associadas a partículas de fundente, em especial de fundente à base de fluoretos como o fluoraluminato de potássio, e de um ligante tal como uma resina polimérica. Uma vantagem especial da invenção nesse caso é evitar a presença de fundente no revestimento.

[0019] De 0,05 a 0,5% de bismuto e/ou de 0,01 a 0,5% de ítrio podem também ser incorporados além disso à liga de alma.

[0020] A brasagem é efetuada sem fundente sob atmosfera controlada, por exemplo, de nitrogênio ou de argônio, a uma temperatura compreendida entre 580 e 620°C, que permite a fusão da liga de brasagem, mas assegura também a colocação em solução da liga de alma. Essa colocação em solução é seguida por um resfriamento rápido, por exemplo, com ar pulsado. É possível efetuar um revenido da peça montada a uma temperatura compreendida entre 80 e 250°C.

[0021] No caso da fabricação de trocadores térmicos, é às vezes possível efetuar o revenido em funcionamento nas partes mais quentes do trocador, por exemplo, os tubos de radiadores de resfriamento dos motores de automóvel.

Exemplo

[0022] Foram fundidas várias placas de ligas de alma cujas composições respectivas estão indicadas na tabela 1:

Tabela 1

Liga	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Ti	Bi	Y	Ca
M	0,40	0,22	0,63	0,57	0,47	0,08	-	-	-
M+Bi	0,39	0,22	0,62	0,59	0,49	0,09	0,15	-	-

M+Y	0,39	0,24	0,61	0,57	0,47	0,09	-	0,05	-
M+Ca	0,40	0,22	0,63	0,57	0,47	0,08	-	-	0,05

[0023] assim como placas de liga de revestimento 4047 (Al-12% de Si) ou 4047 + 0,19% de Bi ou 4047 + 0,05% de Y ou 4047 + 0,05% de Ca. Montagens foram realizadas a partir dessas placas de tal modo que a espessura de liga de revestimento represente 10% da espessura total. Essas montagens são laminadas a quente, e depois a frio de modo a produzir tiras revestidas com espessura de 0,3 mm. Essas tiras foram em seguida submetidas a um tratamento de restauração de 10 h a 260°C.

[0024] O corpo de prova descrito na figura 1 foi utilizado para avaliar a aptidão à brasagem desses materiais. O "V" é constituído por uma tira nua feita de liga 3003, no estado H24, e com espessura de 0,3 mm. Um tratamento de desengorduramento de 15 min a 250°C é aplicado ao metal a soldar por brasagem. Nenhuma outra preparação de superfície é aplicada e em especial nenhum fundente é colocado. A brasagem é feita em um forno feito de vidro de parede dupla que permite visualizar os movimentos de liga de brasagem líquida e a formação das juntas no decorrer do tratamento. O ciclo térmico é composto por uma fase de elevação de temperatura até 610°C com uma velocidade de cerca de 20°C/min, de uma manutenção de 2 min a 610°C, e de uma descida a cerca de 30°C/min. Tudo isso é feito sob varredura contínua de nitrogênio, com uma vazão de 8l/min.

[0025] Os resultados estão qualificados por uma nota de A a E de acordo com a seguinte escala:

Nota	A	B	C	D	E
Comprimento de junta formado em relação ao comprimento total	100%	90%	75%	50%	0%

[0026] Os resultados estão indicados na tabela 2:

Tabela 2

Alma	Revestimento	Aptidão à brasagem
M	4047	E
M	4047 + Bi	B
M + Bi	4047 + Bi	A
M + By	4047 + Y	B
M	4047 + Ca	E

[0027] As características mecânicas são medidas sobre os compósitos M/4047+Bi, M+Bi/4047+Bi e M+Y/4047+Y ao mesmo tempo depois da brasagem, e depois de diferentes tratamentos de revenido. A tabela 3 apresenta os valores obtidos e os compara com uma liga N utilizada classicamente para as tiras destinadas aos trocadores, e de composição:

Liga	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Ti
N	0,19	0,15	0,68	1,38	-	0,08

Tabela 3

Compósito	Estado	R _m (MPa)	R _{0,2} (MPa)	A (%)
M/4047 + Bi	Após brasagem	202	95	9,3
M/4047 + Bi	Após brasagem + 4 h a 180°C	236	169	5,8
M/4047 + Bi	Após brasagem + 8 h a 180°C	236	191	3,3
M + Bi/4047 + Bi	Após brasagem	210	100	8,4
M + Bi /4047 + Bi	Após brasagem + 4 h a 180°C	231	172	4,8
M + Bi /4047 + Bi	Após brasagem + 8 h a 180°C	245	196	4,1
M + Y /4047 + Y	Após brasagem	207	95	9,4

M + Y /4047 + Y	Após brasagem + 4 h a 180°C	240	170	6,4
M + Y /4047 + Y	Após brasagem + 8 h a 180°C	256	198	5,2
N/4045	Após brasagem	166	64	18,0
N/4045	Após brasagem + 4 h a 180°C	164	60	16,9
N/4045	Após brasagem + 8 h a 180°C	163	60	17,0

[0028] É constatado o efeito bastante favorável do endurecimento estrutural sobre a resistência mecânica, sobretudo após o revenido.

REIVINDICAÇÕES

1. Processo de reunião de chapas feitas de liga de alumínio, em que pelo menos uma das chapas é constituída por uma liga com alma de composição (% em peso):

Si > 0,3 - 1,0; Fe < 1,0; Cu: 0,3 - 1,0; Mn: 0,3 - 2,0; Mg: 0,3 - 3,0; Zn < 6,0; Ti < 0,1; Zr < 0,3; Cr < 0,3; Ni < 2,0; Co < 2,0; Bi < 0,5; Y < 0,5; impurezas inevitáveis < 0,05 cada um deles e 0,15 no total, o resto sendo alumínio, e revestida em pelo menos uma face com uma liga de alumínio de brasagem que contém de 4 a 15% de silício e de 0,01 a 0,5% de pelo menos um dos elementos Ag, Be, Bi, Ce, La, Pb, Pd, Sb, Y ou de mischmetal.

caracterizado pelo fato de compreender uma brasagem sem fundente sob atmosfera controlada de nitrogênio e/ou argônio a uma temperatura compreendida entre 580 e 620°C, um resfriamento rápido e eventualmente um revenimento a uma temperatura compreendida entre 80 e 250°C.

2. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o teor em cobre da liga de alma está compreendido entre 0,35 e 1%.

3. Processo de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o teor em manganês da liga de alma está compreendido entre 0,3 e 0,7%.

4. Processo de acordo com uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que o teor em magnésio da liga de alma está compreendido entre 0,35 e 0,7%.

5. Processo de acordo com uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que o teor em zinco da liga de alma é inferior a 0,2%.

6. Processo de acordo com uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que o teor em bismuto da liga de alma está

compreendido entre 0,05 e 0,5%.

7. Processo de acordo com uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que o teor em ítrio da liga de alma está compreendido entre 0,01 e 0,5%.

8. Processo de acordo com uma das reivindicações 1 a 7, caracterizado pelo fato de que a liga de alma tem como composição:

Si: 0,3 - 1,0; Fe < 0,5; Cu: 0,35 - 1,0; Mn: 0,3 - 0,7; Mg: 0,35 - 0,7; Zn < 0,2; Ti < 0,1; Zr < 0,3; Cr < 0,3; Ni < 1,0; Co < 1,0; Bi < 0,5 Y < 0,5; impurezas inevitáveis < 0,05 cada um deles e 0,15 no total, o resto sendo alumínio.

9. Processo de acordo com uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado pelo fato de que a liga de brasagem é aplicada sobre a liga de alma por colaminação.

10. Processo de acordo com uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado pelo fato de que o revestimento de liga de brasagem é constituído por partículas, eventualmente recobertas com uma camada de resina.

11. Processo de acordo com uma das reivindicações 1 a 10, caracterizado pelo fato de que ele é utilizado para a fabricação de trocadores térmicos e que o revenido é efetuado em decorrência de funcionamento dos trocadores em suas partes quentes.

FIG.1a

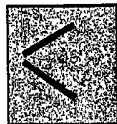


FIG. 1b

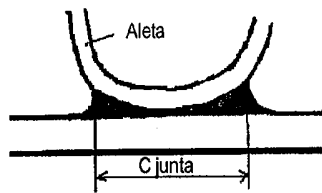


FIG.2

RESUMO

Patente de Invenção: **"PROCESSO DE REUNIÃO DE CHAPAS FEITAS DE LIGA DE ALUMÍNIO"**.

A presente invenção refere-se a um processo de reunião de chapas feitas de liga de alumínio que compreende uma brasagem sem fundente sob atmosfera controlada a uma temperatura compreendida entre 580 e 620°C, um resfriamento rápido e eventualmente um revenido a uma temperatura compreendida entre 80 e 250°C, e no qual pelo menos uma das chapas é constituída por uma liga com a seguinte composição (% em peso): Si: 0,3 - 1,0 Fe < 1,0 Cu: 0,3 - 1,0 Mn: 0,3 - 2,0 Mg: 0,3 - 3,0 Zn < 6,0 Ti < 0,1 Zr < 0,3 Cr < 0,3 Ni < 2,0 Co < 2,0 Bi < 0,5 Y < 0,5; impurezas inevitáveis < 0,05 cada um deles e 0,15 no total, resto alumínio, e revestida em pelo menos uma face com uma liga de alumínio de brasagem que contém de 4 a 15% de silício e de 0,01 a 0,5% de pelo menos um dos elementos Ag, Be, Bi, Ce, La, Pb, Pd, Sb, Y ou de mischmetal. O processo é destinado notadamente à brasagem sem fundente dos trocadores térmicos.