



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

(21) **PI0610839-3 A2**

(22) Data de Depósito: 25/04/2006
(43) Data da Publicação: 27/07/2010
(RPI 2064)



(51) *Int.Cl.:*
C23C 26/00
B23K 20/00

(54) Título: **MÉTODO PARA FORMAÇÃO DE UMA SUPERFÍCIE DE PRATA FIRMEMENTE MONTADA SOBRE UMA PEÇA DE ALUMÍNIO**

(30) Prioridade Unionista: 29/04/2005 FI 20050449

(73) Titular(es): OUTOTEC OYJ

(72) Inventor(es): Karri Osara, Veikko Polvi

(74) Procurador(es): MAGNUS ASPEBY E CLAUDIO SZABAS

(86) Pedido Internacional: PCT FI2006000132 de 25/04/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2006/117425 de 09/11/2006

(57) Resumo: MÉTODO PARA FORMAÇÃO DE UMA SUPERFÍCIE DE PRATA FIRMEMENTE MONTADA SOBRE UMA PEÇA DE ALUMÍNIO. A presente invenção se refere a um método para formação de uma superfície altamente eletrocondutiva sobre uma peça de alumínio. Em concordância com a presente invenção, no referido método uma camada de prata altamente eletrocondutiva é formada sobre a peça por intermédio de uma junção eutética. A temperatura da peça de alumínio é elevada gradualmente e a camada de óxido formada sobre a superfície da peça é removida. Depois do primeiro estágio de aquecimento, a peça de prata que é para ser atada é transferida para a superfície limpa. O ponto de contato é aquecido para uma temperatura onde uma ligação eutética é gerada entre o alumínio e a prata. Durante o segundo estágio de aquecimento, uma carga momentânea ligeira é aplicada para o ponto de contato.

**" MÉTODO PARA FORMAÇÃO DE UMA SUPERFÍCIE DE PRATA
FIRMEMENTE MONTADA SOBRE UMA PEÇA DE ALUMÍNIO "**

CAMPO TÉCNICO DA PRESENTE INVENÇÃO

5 A presente invenção se refere a um método para
formação de uma superfície altamente eletrocondutiva sobre
uma peça de alumínio. Uma camada de prata altamente
eletrocondutiva de prata é formada sobre a peça por
intermédio de uma junção eutética. A temperatura da peça de
10 alumínio é elevada gradualmente e a camada de óxido formada
sobre a superfície da peça é removida. Depois do primeiro
estágio de aquecimento, a peça de prata que é para ser
atada é transferida para a superfície limpa e, pela
aplicação simultaneamente de carga para o ponto de contato,
15 é aquecida para uma temperatura onde uma liga (combinação
de metais) consistente com o ponto eutético é gerada entre
o alumínio e a prata, que vem a formar uma junção
metalúrgica à medida que se solidifica.

PANORAMA DO ESTADO DA TÉCNICA DA PRESENTE INVENÇÃO

20 Alumínio é um metal utilizado em quantidade em
estruturas condutoras de eletricidade, devido para o fato
de que sua condutividade ser bastante boa. Entretanto,
alumínio forma uma camada de óxido sobre sua superfície em
25 uma atmosfera de ar, que consideravelmente atrapalha a
condutividade de eletricidade para ou a partir da peça de
alumínio. De tempos em tempos é necessário aperfeiçoar a
condutividade elétrica da peça de alumínio localmente, e
isto é desempenhado, por exemplo, pela união de peças de
30 cobre para a peça de alumínio. Da mesma forma, métodos são

também conhecidos onde uma junção de prata e de alumínio foi feita, embora nem sempre por razões de aperfeiçoamento de condutividade.

Quando algum outro material é unido ao alumínio, o maior dos problemas é geralmente a oxidação imediata do alumínio no ar atmosférico. O óxido de alumínio que é gerado é difícil de remover permanentemente em conexão com métodos de soldagem normais. Por exemplo, agentes de fluência comerciais contendo cádmio e fluoreto não removem óxidos em quantidades suficientes e a junção formada pela soldagem permanece porosa e fraca.

Um método é conhecido a partir do pedido de patente internacional número **WO 2004/042121**, em que uma camada de revestimento de prata é formada sobre uma haste de suporte de eletrodo de alumínio. O contato entre o alumínio e o material de revestimento é conseguido em particular com um método de revestimento de borrifo (*spray*) térmico. A técnica de esborrifo (*spraying*) térmico quebra a camada de passivação do alumínio, isto é, a camada de óxido, de maneira que o contato dos metais é bom o bastante para uma junção metalúrgica para formar e para que o revestimento venha a atar (aderir) para seu substrato.

Um revestimento hermético sobre a superfície do alumínio pode ser conseguido com métodos de esborrifo térmico, mas o equipamento requerido pelos métodos é especialmente dispendioso como tal. Em adição, tipicamente em métodos de esborrifo térmico, nem todo do material de revestimento termina sobre a superfície da peça a ser revestida, e ao invés disso, algum do material de revestimento é perdido (desperdiçado) levando-se em

consideração a eficiência do método.

A publicação de patente européia número **EP 28763** descreve um método para junção de peças de metal uma para a outra. As peças podem ser do mesmo metal ou de diferentes metais. As junções de metal descritas na patente são feitas de **Al - Al, Cu - Cu e Al - Cu**, e também descritas estão junções nas quais um agente intermediário é introduzido entre as peças a serem unidas, tal como uma inserção de silício, liga de alumínio-silício ou prata. Aglutinações (ligações) acontecem por intermédio de pressão em pressão de oxigênio elevada, se prevalecendo da reação eutética ocorrendo entre os metais. A temperatura requerida pela reação eutética depende dos materiais a serem aglutinados e a temperatura utilizada nesta região da temperatura eutética é $\pm 50^{\circ}\text{C}$. A descrição do método revela que quando uma atmosfera enriquecida em oxigênio é utilizada para aquecimento das peças, as camadas de óxido formadas sobre os pontos de contato das peças são comprimidas (prensadas) com as ligas eutéticas liquidificadas. Oxigênio puro é utilizado nos exemplos e a pressão utilizada estava na região de **150 bar - 710 bar**.

A aglutinação das peças uma para a outra descrita na publicação de patente européia número **EP 28763** acontece em pressão muito alta, o que comprime as impurezas e a camada que foi oxidada durante aquecimento do ponto de junção. Entretanto, a utilização de uma atmosfera de oxigênio em aquecimento e a alta pressão torna este um método de aglutinação muito dispendioso.

O pedido de patente japonês número **JP 57195592** se refere a um método para junção de prata e alumínio uma em

relação ao outro, no qual a oxidação das superfícies é prevenida por se fazer uma junção por pressionamento a quente e em um vácuo ou atmosfera inerte.

A junção de metal descrita no pedido de patente japonês número **JP 57195592** por intermédio de pressionamento a quente e em um vácuo ou atmosfera inerte não é uma solução de junção particularmente eficiente em custos.

PRÓPOSITO DA PRESENTE INVENÇÃO

10 O propósito da presente invenção é o de eliminar as desvantagens que aparecem nos métodos anteriormente descritos.

O propósito da presente invenção é o de colocar à disposição um método simples e barato para formação de um revestimento de prata altamente condutivo sobre uma peça de alumínio. O objetivo é o de colocar à disposição um método no qual o revestimento de prata é formado sobre a superfície da peça de alumínio em um ambiente normal ou ligeiramente redutivo e onde a carga utilizada na junção é somente uma fração daquela que é utilizada no estado da técnica.

O propósito da presente invenção é o de colocar à disposição um método no qual a peça de alumínio é aquecida em estágios, de maneira que a peça de prata é colocada sobre a superfície do alumínio entre períodos de aquecimento. Antes que a peça de prata venha a ser aplicada, a camada de óxido pode ser removida a partir da superfície da peça de alumínio.

RESUMO DA PRESENTE INVENÇÃO

As características essenciais do método em concordância com a presente invenção estão apresentadas nas **reivindicações de patente** acompanhantes.

A presente invenção se refere a um método para
5 formação de um revestimento de prata superfície altamente eletrocondutivo sobre a superfície de uma peça de alumínio, por intermédio do que a peça de alumínio, limpa da camada de óxido, é aquecida em estágios. Depois do primeiro estágio de aquecimento, a peça de prata é aplicada para a
10 superfície do alumínio. O segundo estágio de aquecimento é realizado pelo menos na temperatura requerida pela reação eutética entre alumínio e prata, onde uma junção metalúrgica é formada a partir da camada de difusão e de fundição entre os metais. O aquecimento acontece em
15 condições atmosféricas ou ligeiramente redutivas. A carga em torno de **1,2 bar - 3 bar** é aplicada para o ponto de junção. Preferivelmente, a carga é de pequena quantidade (*spot-like*) e repetida ciclicamente. A camada de óxido é removida a partir da superfície de junção da peça de
20 alumínio na medida em que é necessário depois do primeiro estágio de aquecimento antes que a peça de prata venha a ser aplicada para a superfície de junção.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA PRESENTE INVENÇÃO

25 Sobre o fundamento do esboço de equilíbrio de prata e alumínio é conhecido que o ponto de fusão eutético mínimo está em **567 °C**. A solubilidade de prata para alumínio se eleva em etapas a partir de **400 °C** até a temperatura eutética, onde a solubilidade máxima está em torno de **56**
30 **por cento em peso**. A solubilidade do alumínio para prata no

ponto eutético está em torno de **5 por cento em peso**. Quando a temperatura é elevada na medida em que as peças são unidas, uma fina película de óxido é criada sobre a superfície da prata, que, entretanto, se quebra em uma temperatura de cerca de **200 °C**. Isto possibilita difusão efetiva e reações de geração de uma junção metalúrgica.

No método agora desenvolvido na presente invenção, o objetivo foi o de formação de uma junção metalúrgica entre alumínio e prata tão facilmente e continuamente adiante quanto possível. Em concordância com o método da presente invenção, a área de junção de uma peça de alumínio é limpa de sua camada de óxido e aquecida para **270 °C - 330 °C**, preferivelmente para **300 °C**. A remoção da camada de óxido pode ser desempenhada mecanicamente, por exemplo, por trituração, na medida em que a área de junção em questão é geralmente não extensiva. Se necessário, a remoção da camada de óxido é também executada depois do primeiro estágio de aquecimento. Entretanto, com a correta distribuição (partilha), estágios de trabalho lineares e trabalho corretamente regulado em tempo, a remoção de uma camada de óxido em altas temperaturas pode facilmente ser evitada, e tratamento pode ser feito em sua completa totalidade antes de começo de aquecimento. Entretanto, para assegurar boa qualidade incondicionalmente, trituração pode ser realizada entre estágios de aquecimento também.

Imediatamente depois do primeiro estágio de aquecimento é possível remoção da camada de óxido, a peça de prata ou folha (lâmina) de prata a ser atada é aplicada para a superfície da peça de alumínio e o aquecimento das peças é continuado no segundo estágio de aquecimento em

direção ao ponto eutético de **Al - Ag**. Durante aquecimento a peça de prata é pressionada levemente de maneira que a carga está em torno de **0,2 bar - 3 bar**. A pressão não necessariamente deve que ser contínua e ao longo da integridade de área da peça de prata, ao invés disso é preferivelmente de pequena quantidade (*spot-like*) e repetida ciclicamente. Quando a área de junção alcança o ponto eutético, eutéticos começam a borbulhar sob a peça de prata. O aquecimento é continuado até que venha a existir uma fusão eutética na integridade de área de junção. Quando o aquecimento da peça é interrompido, a liga eutética que é formada se solidifica e a prata é apertada para o alumínio por uma aglutinação metalúrgica.

O aquecimento das peças de alumínio acontece dependendo da peça tanto utilizando um maçarico pré-aquecido, uma ferramenta de aquecimento com temperatura controlada adaptada para o objetivo (por exemplo, operada por resistência) ou quanto em uma fornalha. O aquecimento deve ser feito tanto em uma atmosfera de ar normal ou quanto em condições ligeiramente redutivas. Condições redutivas são conseguidas quando, por exemplo, o maçarico de pré-aquecimento é ajustado para trabalhar com uma chama redutiva. Se o aquecimento é desempenhado em uma fornalha, tanto um gás de blindagem inerte (por exemplo, argônio) ou quanto um gás redutivo (por exemplo, hidrogênio) pode ser alimentado para a fornalha.

A eficiência do método agora desenvolvido em concordância com a presente invenção, no trabalho de revestimento em si mesmo é de **100 %**, embora qualquer maquinação de acabamento possa reduzir a eficiência em

algum grau. Por outro lado, maquinação de acabamento reduz a eficiência de um material de revestimento feito com esborrifo (*spraying*) a quente, por exemplo, em exatamente a mesma maneira. Quando o revestindo com prata em particular
5 alta eficiência significa consideráveis economias em custos de materiais.

EXEMPLOS DA PRESENTE INVENÇÃO

Exemplo 1:

10 Uma junção de prata foi feita sobre hastes de teste de alumínio com o método em concordância com a presente invenção. O aquecimento foi realizado com um maçarico de acetileno e a temperatura das peças foi monitorada durante o aquecimento com um termômetro de superfície digital de
15 fundamento termo-acoplado. Quando a temperatura de superfície da haste de teste alcançou **300 °C**, a camada de óxido foi removida a partir da superfície por trituração e a peça de prata foi colocada sobre a superfície limpa. O aquecimento foi retomado para a temperatura eutética de **567**
20 **°C**. Carga de pequena quantidade (*spot-like*) e intermitente da ordem de **0,3 bar - 0,6 bar** foi direcionada sobre algumas hastes de teste durante o aquecimento, e outras hastes de teste não foram absolutamente submetidas para qualquer carga. Na prática, o aquecimento poderia ser continuado até
25 **25 °C**, até mesmo **40 °C** acima do ponto eutético. Reações de difusão prosseguiram tão rapidamente em mencionadas temperaturas nos metais em questão, que a formação da junção levou somente uns poucos segundos. Em trabalho de
30 rotina prático, controle da temperatura pode ser feito visualmente por monitoramento do comportamento da fusão/ o

borbulhamento de fusão da borda de junção. Uma chama reductiva é conseguida por ajustamento de maçarico convencional (parte reductiva na chama).

Microseções foram tomadas a partir das hastes de teste resfriadas, e foram examinadas por microscópio. As imagens de microscópio mostraram que o eutético nas hastes de teste fabricadas sem carga tinham se espalhado com uma topografia fragmentária e ondulada, em zonas razoavelmente espessas em direção tanto do alumínio e quanto da prata. As imagens de microscópio também mostram uma fase *sigma*, que é gerada nas altas temperaturas do ponto eutético. A espessura da borda de junção foi de diversas centenas de micrômetros.

As imagens de microscópio das hastes de teste onde a carga foi utilizada durante a junção mostraram que durante compressão mecânica a fusão eutética tem borbulhou fora da borda de junção e como um resultado existiu uma borda de junção uniforme que foi somente de dezenas de micrômetros em espessura.

Testes de resistência à tensão foram realizados sobre as hastes de teste que foram submetidas à carga durante aquecimento, de maneira a verificar e determinar a resistência das junções. A resistência à tensão última de resultado médio das hastes de teste foi acima de **94 N/mm²**.

Deverá ser compreendido por aqueles especializados no estado da técnica que a presente invenção não está limitada para a concretização ilustrativa descrita anteriormente no **exemplo** apresentado, mas certamente, um número de variações e de modificações é conceptível dentro do escopo de proteção das **reivindicações de patente** subsequente.

REIVINDICAÇÕES

1. Um método para formação de um revestimento de prata altamente eletrocondutivo sobre a superfície de uma peça de alumínio, **caracterizado pelo fato** de que a peça de alumínio é aquecida em estágios, por intermédio do que depois do primeiro estágio de aquecimento a peça de prata a ser atada é aplicada para a superfície da junção, depois do que aquecimento é retomado no segundo estágio pelo menos para a temperatura requerida para a reação eutética entre alumínio e prata, o aquecimento acontecendo em uma atmosfera de ar ou condições ligeiramente redutivas, e de que carga é aplicada para o ponto de junção durante o segundo período de aquecimento, e de que referida carga é realizada em um ou vários locais e repetida em ciclos.

2. Um método de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato** de que no primeiro estágio de aquecimento a temperatura da peça de alumínio é elevada para uma faixa entre 280°C - 330°C .

3. Um método de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado pelo fato** de que no primeiro estágio de aquecimento a temperatura da peça de alumínio é elevada para uma temperatura em torno de 300°C .

4. Um método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 - 3, **caracterizado pelo fato** de que a camada de óxido formada sobre a superfície do alumínio é removida depois do primeiro estágio de aquecimento.

5. Um método de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado pelo fato** de que a remoção da camada de óxido

é desempenhada mecanicamente por trituração.

6. Um método de acordo com qualquer uma das reivindicações **1 - 5, caracterizado pelo fato** de que a carga aplicada para o ponto de junção no segundo estágio de aquecimento está na ordem de **0,2 bar - 3 bar**.

7. Um método de acordo com qualquer uma das reivindicações **1 - 6, caracterizado pelo fato** de que o aquecimento da peça de alumínio é realizado com um maçarico de pré-aquecimento.

10 8. Um método de acordo com a reivindicação **7, caracterizado pelo fato** de que o maçarico é um maçarico de acetileno.

15 9. Um método de acordo com a reivindicação **7, caracterizado pelo fato** de que o aquecimento é realizado na parte redutiva da chama.

10 10. Um método de acordo com qualquer uma das reivindicações **1 - 6, caracterizado pelo fato** de que o aquecimento da peça de alumínio é realizado com uma ferramenta de aquecimento com temperatura controlada.

20 11. Um método de acordo com qualquer uma das reivindicações **1 - 6, caracterizado pelo fato** de que o aquecimento da peça de alumínio é desempenhado em uma fornalha.

25 12. Um método de acordo com a reivindicação **11, caracterizado pelo fato** de que existe uma atmosfera de gás de blindagem na fornalha.

13. Um método de acordo com a reivindicação **11, caracterizado pelo fato** de que existe uma atmosfera redutiva na fornalha.

RESUMO

**" MÉTODO PARA FORMAÇÃO DE UMA SUPERFÍCIE DE PRATA
FIRMEMENTE MONTADA SOBRE UMA PEÇA DE ALUMÍNIO "**

5

A presente invenção se refere a um método para formação de uma superfície altamente eletrocondutiva sobre uma peça de alumínio.

Em concordância com a presente invenção, no referido
10 método uma camada de prata altamente eletrocondutiva é formada sobre a peça por intermédio de uma junção eutética. A temperatura da peça de alumínio é elevada gradualmente e a camada de óxido formada sobre a superfície da peça é removida. Depois do primeiro estágio de aquecimento, a peça
15 de prata que é para ser atada é transferida para a superfície limpa. O ponto de contato é aquecido para uma temperatura onde uma ligação eutética é gerada entre o alumínio e a prata. Durante o segundo estágio de aquecimento, uma carga momentânea ligeira é aplicada para o
20 ponto de contato.